



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**Diseño de un Relleno Sanitario para la ciudad de Villa el Carmen,
departamento de Managua**

Para Optar al Título de Ingeniero civil

Elaborado por

Br. Guillermo Fauricio Toruño Martínez

Br. Bayron Ulisses López López

Tutor

MSc. Ing. José Ángel Baltodano Maldonado

Managua, Enero 2017

Dedicatoria

A Dios:

A mi padre celestial por haberme dado el regalo de la vida, por estar siempre conmigo dándome sabiduría y la fortaleza ante cualquier dificultad luchando día a día para poder llegar hasta este maravilloso momento en mi formación como profesional.

A mi Madre:

Jeannette Martínez Solano

Por su amor incondicional toda la vida, por ser mi consejera brindándome todo su apoyo durante mi educación y por demostrarme siempre el camino del bien lo cual ha hecho en mí que sea una persona con valores.

A mi Padre:

Guillermo José Toruño García

Por ser mi ejemplo a seguir, por ser la persona que ha estado conmigo en las buenas y en las malas, mostrando siempre ejemplos de vida, de perseverancia, ejemplos de superación, cualidades que solo a un buen hombre lo caracterizan.

Mi hermana:

Yorlení Jeannette Toruño Martínez, Quien se han sentido orgullosa por mis esfuerzos siendo un ejemplo de perseverancia a seguir.

Mi Familia:

Mi Tía Jamileth del socorro Martínez Solano, que ha sido como una segunda madre y una Bendición para mí apoyándome siempre, siendo otro ejemplo a seguir y por estar conmigo en momentos difíciles brindándome su apoyo en el transcurso de mi formación profesional.

Dr. Guillermo Faucio Toruño Martínez.

Agradecimiento

A DIOS:

Toda la gloria y la honra es para DIOS. Por darme la vida, la sabiduría y el entendimiento al concluir con éxito esta etapa de mi vida.

A mis padres:

Jeannette Martínez Solano y Guillermo José Toruño García, por haberme dado todo su cariño y apoyo incondicional para poder salir adelante y llegar a cumplir una de mis metas.

A mi hermana:

Yorlení Jeannette Toruño Martínez, quien me ha apoyado siempre moralmente para salir adelante en esta etapa de mi vida.

A mi tía:

Jamileth del Socorro Martínez Solano, Por brindarme todo su apoyo en el transcurso de mi formación profesional.

A mi compañero de tesis:

Bayron Ulises López López, quiero agradecerle por todo el apoyo que nos hemos brindado durante estos meses de elaboración de la tesina y todas las dificultades que pasamos juntos, pero que pudimos superarlo con la ayuda de DIOS.

Al docente:

Al Ing. José Ángel Baltodano Maldonado, por brindarnos sus conocimientos, consejos y brindarnos de su valioso tiempo para que este proyecto haya concluido exitosamente.

Dr. Guillermo Fauricio Toruño Martínez.

Dedicatoria

A Díos:

Por darme la vida, sabiduría y fortaleza de luchar día a día durante estos cinco largos años y estar el día de hoy logrando una de mis metas, como dice su palabra el que persevera alcanza.

A mi Madre:

Soraída López Gutiérrez

Por brindarme su amor incondicional durante estos 24 años por su apoyo emocional, económico su confianza y consejos que siempre me inspiraron a continuar con mis estudios, una madre que siempre ha estado en todos los momentos de mi vida.

A mi Padre:

Mercedes López Savedra

Por ser mi ejemplo a seguir, una persona que con mucho esfuerzo me brindo una buena educación con los mejores valores, mostrando su ejemplo de vida, de perseverancia y superación, cualidades que solo un buen padre lo hace.

Mi hija:

Sara Maricela López Rivas que en mis últimos año de la carrera a sido la inspiración y motivación para terminar exitosamente mis estudios.

Mis hermanos:

Mis hermanos y hermanas que siempre me apoyaron con sus consejos inspirándome a finalizar mi carrera, siendo ejemplos a seguir y por estar conmigo en momentos difíciles brindándome su apoyo en el transcurso de mi formación profesional.

Dr. Bayron Ulises López López.
Agradecimiento

A DIOS:

Por brindarme la inteligencia, sabiduría y salud para finalizar mis estudios universitarios exitosamente.

A mis padres:

Mercedes López Savedra y Soraida López Gutiérrez por haberme dado todo su amor y apoyo incondicional para poder finalizar mis estudios.

A mi hermana:

Liseth López López y Julissa López López, quienes me han apoyado siempre para salir adelante en esta etapa de mi vida.

A la Ing. Alejandrina Jara:

Por brindarme su apoyo durante los últimos años en la formación académica y transmitirme sus conocimientos en el área de mecánica de suelos donde me estoy especializando, gracias a ella.

A mi Esposa Diana Magali Rivas

Al docente:

MSc Ing. José Ángel Baltodano Maldonado

Dr. Bayron Ulises López López.

Agradecimiento

Con mucho cariño y respeto queremos dar nuestros más sinceros agradecimientos a todas las personas que nos brindaron todo su apoyo y ayuda para hacer posible la realización de este trabajo monográfico.

De manera muy especial queremos agradecer a la alcaldía de villa el Carmen; al alcalde y vice alcalde, por brindarnos su apoyo con los materiales y equipos necesarios para poder echar andar nuestro trabajo monográfico y por lo tanto haya sido un éxito.

*A nuestro tutor, **Ing. José ángel baltodano** por su dedicación, por el apoyo y su valioso tiempo brindado en cada una de nuestras consultas.*

Br. Guillermo Fauricio Toruño Martínez
Br. Bayron Ulises López López.

INDICE

Contenido

CAPITULO I. GENERALIDADES	1
1.1 INTRODUCCION.....	1
1.2 JUSTIFICACION.....	2
1.3 ANTECEDENTES.....	3
CAPITULO II. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo general.....	4
2.2 Objetivos específicos	4
CAPITULO III. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	5
3.1 Ficha municipal	5
Tabla No. 3.1 Datos de la Ciudad Villa El Carmen.....	5
3.2 Aspectos generales.....	6
3.2.1 Macro y micro localización.....	6
3.2.2 Clima	7
3.3 Servicios básicos	8
3.3.1 Agua	8
3.3.2 Energía eléctrica.....	8
3.3.3 Transporte	9
3.3.4 Telecomunicaciones	9
3.4 Aspecto salud.....	9
3.4.1 Centro de salud	9
CAPITULO IV. MARCO TEORICO	10
4.1 Definición de desechos sólidos.....	10
4.2 Clasificación de los desechos solidos.....	11
4.2.1 Criterios de clasificación de los desechos solidos	11
4.2.2 Por su constitución.....	11
4.2.3 Por el lugar en donde se originan.....	12
4.3 Manejo de los desechos solidos	12
4.3.1 Efectos de una adecuada gestión de desechos solidos	14
4.3.2 Efectos negativos de una inadecuada gestión de los desechos solidos	15
4.4 Marco legal para el manejo de los desechos sólidos	19

4.5.1	Importancia de la cobertura	23
4.5.2	Vertederos	23
4.5.3	Reciclaje	24
4.6	Relleno sanitario	24
4.6.1	Principios básicos de un relleno sanitario	25
4.6.2	Ventajas del relleno sanitario	26
4.6.3	Desventajas del relleno sanitario.....	27
4.7	Tipos de rellenos sanitarios	28
4.7.1	Relleno sanitario manual.....	28
4.7.2	Relleno sanitario mecanizado	28
4.7.3	Relleno sanitario semimecanizado.....	29
4.8	Métodos de construcción de un relleno sanitario	30
4.8.1	Método de la zanja.....	30
4.8.3	Método de la depresión.....	32
4.9	Criterios de diseño del relleno sanitario.....	33
4.9.1	La Generación de desechos sólidos.	33
4.9.2	Metodología para el análisis de los desechos	34
4.9.3	Determinación de la generación Per cápita y generación total diaria de los desechos sólidos.....	35
4.9.4	Determinación de la composición física de los desechos sólidos.....	36
4.9.5	Origen o procedencia	36
4.9.6	Aspectos demográficos	37
4.9.7	Determinación de volúmenes y áreas	38
4.9.8	Reciclaje de desechos orgánicos domiciliarios	39
4.9.9	Diseño del relleno sanitario	41
4.9.10	En los planos de diseño deberá contener.....	42
CAPITULO V. DISEÑO METODOLOGICO		44
5.1	Selección del sitio	44
5.2.1	Criterios específicos.....	44
5.2.2	Parámetros que se debe considerar en el análisis y evaluación del sitio de estudio	45
5.3	Estudios básicos del sitio seleccionado.....	46
5.3.2.1	Procedimiento para realizar ensaye de granulometría.....	48
5.3.2.2	Procedimiento para realizar ensaye de Límites de Consistencia.	49
5.3.2.3	Procedimiento para realizar ensaye de Límite Plástico.....	51

5.3.2.4 Clasificación y simbología de la muestra del stock.....	51
5.3.2.5 Procedimiento para realizar ensaye Método Proctor.....	52
5.3.2.5 Procedimiento para realizar ensaye CBR.....	54
5.3.2.6 Procedimiento para la realización de prueba de infiltración de los suelos.....	56
5.4 Estudio Socioeconómico.....	57
5.5 Caracterización de los desechos sólidos.....	57
5.5.1. Proceso de caracterización de los desechos sólidos de la ciudad de Villa El Carmen.....	59
5.5.2. Pesaje y registro de 40 muestras individuales de 3 sectores.....	59
5.5.3. Regado de los desechos sólidos de forma circular.....	59
5.5.4. Aplicación del sistema de cuarteo para la caracterización.....	60
5.5.5. Eliminación de dos extremos del proceso del cuarteo.....	60
5.5.6. Separación por fracción de los desechos sólidos de la muestra seleccionada.....	60
5.5.7. Pesaje y registro de las fracciones caracterizada de la muestra manejable.....	60
5.5.8 Cálculo del volumen necesario para un relleno sanitario.....	60
5.7 Evaluación ambiental del relleno sanitario.....	64
5.7.1 Medidas de mitigación para reducir los impactos ambientales negativos.....	66
7.7.2 Permisos y Evaluación de Impacto ambiental.....	67
7.7.3 (Normas) Calidad Ambiental.....	69
7.7.4 De la contaminación de la Atmosferas, Agua y Suelo.....	70
7.7.5 Desechos Sólidos No Peligrosos.....	70
7.7.6 Desechos Sólidos Peligrosos.....	71
5.8 Condiciones hidrogeológicas.....	71
5.9. Drenaje de gases.....	72
En este caso se considera la separación entre chimeneas de 50 m. y deberá compactarse alrededor de ella para evitar rupturas.....	73
5.10 Lixiviado generado en un relleno sanitario.....	73
5.10 Diseño del drenaje de lixiviados.....	76
5.10.2 Tanques de sedimentación primaria.....	77
5.10.3 Tanque séptico-filtro anaeróbico de flujo ascendente.....	77
5.10.4 Parámetros de diseño de sistemas de tratamientos de lixiviados aplicados en Nicaragua según normas brasileñas.....	77
6.0 Capítulo VI. (Memoria de Cálculo y Resultados).....	78
CAPITULO VII. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	92
7.1 Manual de Operación y Mantenimiento del Relleno Sanitario.....	95

CONCLUSIONES.....	111
RECOMENDACIONES	112
BIBLIOGRAFIA.....	114
ANEXOS	
ANEXO A: Anexo Fotográfico	
ANEXO B: Planos Topográficos	
ANEXO C: Resultados de Ensayes de Laboratorio	
ANEXO C-1: Resultados del (método proctor).....	
ANEXO D: Resultados de la Caracterización.....	
ANEXO E: Datos Meteorológicos de la Estación “Campos Azules”	
ANEXO F: Normas Brasileñas Establecida por el (INAA)	
ANEXO G: Calculo de (CBR).....	
ANEXO H: Resultados Obtenidos Para la Proyección de 20 Años	
ANEXO H-1: Calculo para el 60% de los Desechos Sólidos	
ANEXO H-2: Calculo para el 100% de los Desechos Sólidos	
ANEXO I: Calidad de Lixiviados Utilizados en el Municipio de Mateares.....	
ANEXO J: Fórmulas Utilizadas	

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la ciudad de Villa el Carmen, este se encuentra ubicado a 41 km del departamento de Managua. Esta investigación se realizó con el fin de diseñar un relleno sanitario que permita almacenar los desechos sólidos que genera la población de los tres sectores investigado (Villa el Carmen, Samaria y Los Cedros). Esto facilitara que las personas que residen en estos lugares puedan deshacerse de sus desechos sólidos sin contaminar el medio ambiente.

El área total del terreno destinado para el relleno sanitario es de 18,351.5 m² el cual está dividido en diferentes actividades como: construcciones auxiliares, caseta de compostaje, galera de separación de los desechos sólidos, tratamiento de lixiviados y viveros que servirán para cortinas rompe viento y paisajismo del relleno sanitario.

La producción per cápita de los desechos sólidos de la Ciudad de Villa El Carmen es de 0.73Kg/hab/día esto nos indica una alta producción percapita respecto a otros municipios de Nicaragua, esta alta producción es debido al alto contenido de desechos de jardinería en los tres sectores evaluado por medio de la recolección de muestras para luego realizar su caracterización por el método del cuarteo.

Se realizó un estudio de suelo donde se determinó el tipo de suelo y su simbología por el método sucs. Así mismo conocer la tasa de infiltración de los suelo. Se realizó en el fondo de la excavación un cubo de 0.30 x 0.30 m. bajo 10 cm en 27 minutos para obtener un volumen de rebajamiento por m² de 1,59 lts/min/m².

La composición física de los desecho sólidos se conformó principalmente por materia orgánica entre los que están restos de comida y resto de jardinería que representan el 69.28 % del total de desechos generados, seguido por plásticos que representan el 12.99% que son clasificados para después ser reciclados y por último están el cartón y telas que representan el 7.32 y 3.92%, respectivamente que son almacenados en galeras especiales solo para este tipo de productos, esto permitirá el reciclaje y la elaboración del compost.

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

El incremento acelerado de la población genera que la cantidad de residuos sólidos se duplique causando un problema ambiental y para la salubridad pública, provocando deterioro en la calidad de vida ya que al no contar con un sistema eficiente para poder tratarlo las personas optan a lugares no adecuados para su acumulación.

En periodos anteriores de desarrollo de la humanidad no se ha producido tantos desechos sólidos como en los último veinte años, debiéndose posiblemente al propio desarrollo tecnológico, la sobrepoblación, los cambios de hábitos, en fin, la transformación de la sociedad. Los desechos sólidos son diferentes unos de otros y son diferentes las fuentes de producción, lo que implica la necesidad de tratar cada tipo de desecho según su procedencia y composición.

Los rellenos sanitarios son una alternativa que en la actualidad es el de mayor uso a nivel mundial ya que por un lado minimiza riesgos de contaminación, cumpliendo con normas ambientales en su diseño, construcción, operación y control, así como, por su bajo costo económico, comparado con otros sistemas de disposición. También ayuda a controlar la gran cantidad de desechos sólidos que genera la población y a radicar graves afectaciones en el ecosistema, problemas ambientales y la salud pública de la comunidad.

Como futuros ingenieros civiles debemos plantear soluciones a la población para su buen desarrollo y solucionar los diferentes problemas ambientales que se presentan, haciendo conciencia a los habitantes del daño que se produce al no tener un buen uso de los desechos sólidos e impulsando este método que ayude a muchas ciudades nicaragüenses a tener una buena calidad y un alto nivel de vida.

1.2 JUSTIFICACION

En los últimos 20 años el ser humano ha comenzado a tomar conciencia en lo que respecta a la manera de producir y de consumir. La naturaleza en la cual vive se ha deteriorado hasta el punto que los daños provocados al medio ambiente son quizás irreversibles y hacen peligrar la sobrevivencia de todas las especies incluyendo la suya.

La ciudad de Villa El Carmen no cuenta con el servicio de un relleno sanitario para la disposición final de desechos sólidos que ayude a contribuir y mejorar las condiciones de higiene y seguridad. El medio de eliminar los desechos es a través de la quema, lo cual genera contaminación al medio ambiente.

Por medio del relleno sanitario se podrán eliminar los problemas ambientales y las afectaciones a la salud, de cada habitante de la ciudad Villa El Carmen. Este sistema sanitario es uno de los más usados tanto por la poca inversión que requiere como uno de los más efectivos para tratar dicho problema.

El propósito de este diseño es mejorar de forma moderna y renovadora la disposición final de los desechos sólidos, ya que de esta manera se protegería más los preciados recursos hídricos con que cuenta el municipio.

1.3 ANTECEDENTES

La alcaldía del municipio presta el servicio de recolección de desechos sólidos dos veces por semana. En Villa El Carmen, Los Cedros y Samaria, no se cuenta con un relleno sanitario el método de eliminar los desechos es la quema, que genera contaminación del medio ambiente.

Actualmente cuenta con sistema de recolección de desechos sólidos que lo administra la Alcaldía de la municipalidad. Esta se vio con la necesidad de comprar un camión para satisfacer gran parte de la demanda que la población de Villa El Carmen, Los Cedros y Samaria que estaban demandando.

El servicio prestado por la Alcaldía Municipal no es cobrado a los habitantes por lo que se establece como gratuito y genera un gasto masivo sin recuperar los costos en que incurre.

La ubicación del botadero de a cielo abierto se ubica a 3.0 km del centro de la ciudad. Se describe como un terreno plano con un área de 18,351.5 m², apto para realizar el relleno sanitario y así colocar todos los desechos sólidos producidos por la población, este botadero no posee ningún tratamiento y los desechos son quemados contaminando el medio ambiente.

El diseño que se realizó para el relleno sanitario es de vital importancia ya que se evita en primer lugar la contaminación del medio ambiente, además que en la actualidad no existe un tratamiento adecuado ni disposición final de los desechos sólidos.

El propósito de este diseño es mejorar de forma integral y renovadora la forma de disposición final de los desechos sólidos, y dar el primer paso en cambiar una cultura inadecuada que tiene la población respecto a los desechos.

CAPITULO II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Diseñar un relleno sanitario como sistema de disposición final de desechos sólidos en la Ciudad de Villa El Carmen, departamento de Managua.

2.2 Objetivos específicos

1. Realizar el levantamiento topográfico en el sitio seleccionado para el relleno sanitario.
2. Realizar estudio de suelos.
3. Realizar un estudio socioeconómico de la población actual, por medio de una encuesta.
4. Determinar la cantidad de desechos producidos por la ciudad de Villa El Carmen por medio de la caracterización.
5. Diseñar sistema de recolección de desechos sólidos.
6. Realizar una valoración ambiental del relleno sanitario propuesto.
7. Elaborar el manual de operación y mantenimiento del Relleno Sanitario Municipal.

CAPITULO III. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

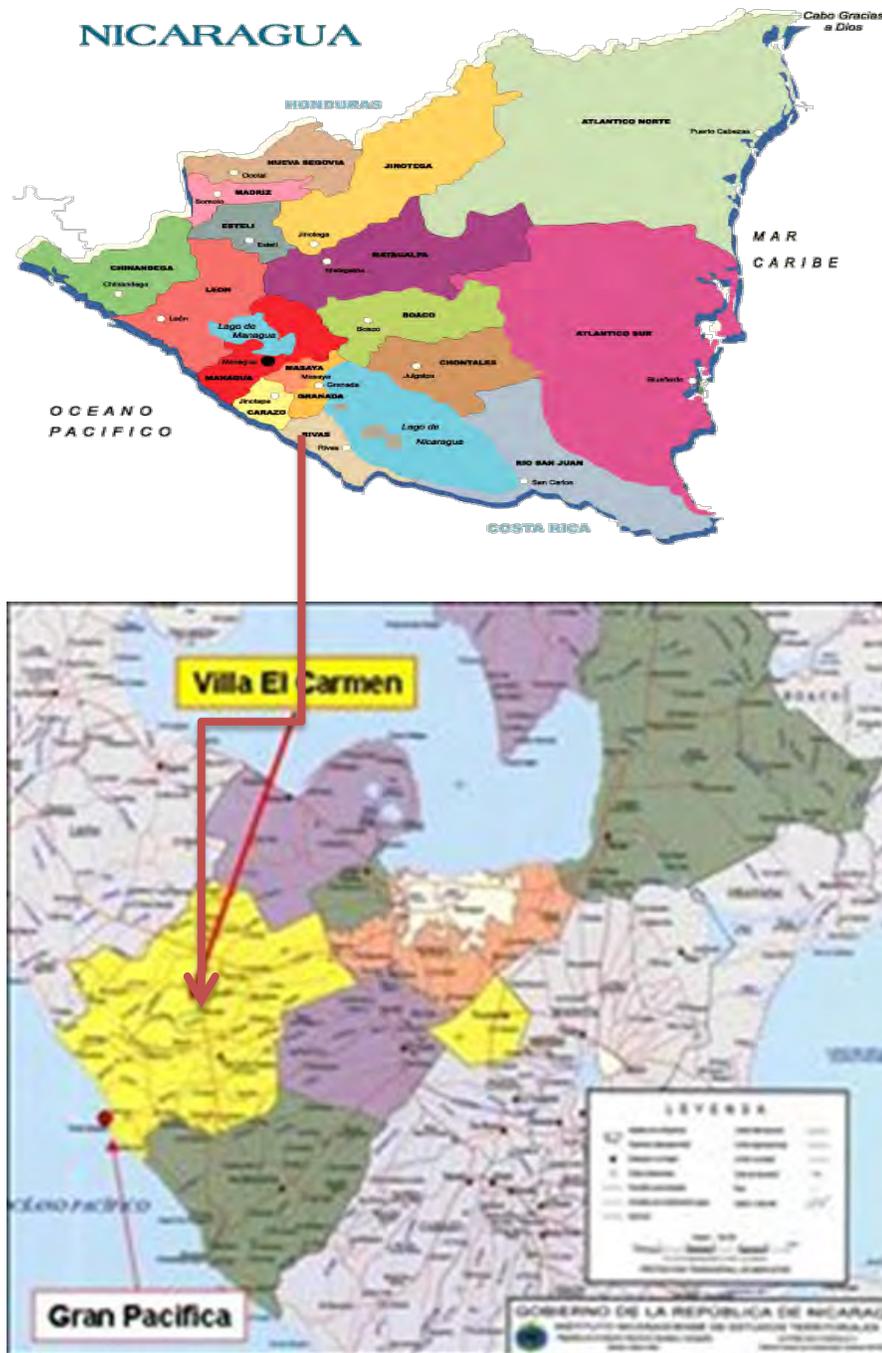
3.1 Ficha municipal

Tabla No. 3.1 Datos de la Ciudad Villa El Carmen

NOMBRE DEL MUNICIPIO	VILLA EL CARMEN
NOMBRE DEL DEPARTAMENTO	Managua
FECHA DE FUNDACION	15 de septiembre de 1,907 (rango de villa)
EXTENSION TERRITORIAL	562.01 km ²
REFERENCIA GEOGRAFICA	La cabecera municipal está ubicada a 42km. De Managua, capital de la Republica
POSICION GEOGRAFICA	Villa el Carmen está ubicada entre las coordenadas 11° 58' latitud norte y 86° 30' longitud oeste.
LIMITES	Al Norte municipio de Mateare Al Sur municipio de san Rafael del sur Al Este municipio de Managua Al Oeste municipio de Nagarote (departamento de León) y océano Pacifico Al SurEste municipio El Crucero Al NorEste municipio de Ciudad Sandino
TASA DE CRECIMIENTO	5.43% periodo inter censal 71-95 4.64% periodo inter censal 95-2000
TIEMPO DE DUPLICACION DE LA POBLACION	12.8 años (71-95) 15 años (71-95)

3.2 Aspectos generales

3.2.1 Macro y micro localización



La ciudad de Villa el Carmen es uno de los municipios del departamento de Managua ubicado en el Occidente de la Republica de Nicaragua, en la zona del Pacifico Sur del País.

Limita al Norte con el municipio de Mateare, al Sur con el municipio de San Rafael del Sur, al este con el municipio de Managua, al Oeste con el municipio de Nagarote (Dpto. de León) y Océano Pacífico, al Nor-Este con el municipio de Ciudad Sandino, y Sur-Este con el Municipio El Crucero.

La cabecera municipal está ubicada a 42 km de Managua, capital de la República. La extensión territorial es de 562.01 kilómetros cuadrados.

La Ciudad de Villa el Carmen, está dividida territorialmente de la siguiente manera: el área urbana y rural de la ciudad está integrada por:

1. Los Andes, 2. Calle Nueva, 3. La Aduana número 1 y 2, 4. Santa Rita, 5. Reyes Norte, 6. Los Cedros, 7. Santa Bárbara, 8. El Peligro, 9. Nandayosi No. 1 y 2, 10. El Cedro, 11. Reyes Sur, 12. Los Romero, 13. El Arroyo, 14. El Caimito, 15. Santa Marta del Carao, 16. La Ceiba, 17. Valle, 18. Los Aburto, 19. Los Artolas, 20. Los Pérez, 21. La California, 22. Abraham Sequeira, 23. San Diego, 24. Monte Fresco, 25. Los López, 26. El Brasil, 27. Maderas Negra, 28. Los Hidalgo, 29. El Reventón, 30. San Jerónimo, 31. Silvio Mayorga, 32. Buenos Aire, 33. El zapote, 34. Samaria, 35. Los Muñoz, 36. San José, 37. Villa el Carmen, 38. El Apante, 39. El Tigre, 40. San Miguel, 41. San Antonio, 42. El Blandón, 43. Las Parcelas, 44. Los Rugama, 45. Los Centeno, 46. Las Jaguas y La Chorrera, 47. El zapote del Mar, 48. El Mata Palo, 49. Las Parrillas, 50. San Luis.

3.2.2 Clima

El clima es de tipo tropical seco con variaciones en septiembre y octubre, con clima húmedo en invierno; en noviembre, diciembre y enero se presenta clima fresco.

Las precipitaciones en el municipio han sido bajas e irregulares. El promedio anual es de 1,097 mm. Los meses con mayores lluvias son septiembre y octubre con 262.2 y 217.6 mm. Respectivamente

La temperatura máxima es de 28.4°C y la mínima es de 25.8°C. En todo el municipio. Los meses en que se registran las máximas temperaturas es en marzo, abril y mayo; y las mínimas en noviembre, diciembre y enero.

3.3 Servicios básicos

3.3.1 Agua

Esta ciudad cuenta con servicio público de agua potable cuya administración está a cargo de la empresa de acueductos y alcantarillados (ENACAL).

El sistema de agua potable existe en 7 comunidades: Los Cedros, Villa El Carmen, Santa Rita, Samaria, El Valle Los Aburto, El Caimito, Nandayosis 1 y 2. El resto de comunidades se abastece de pozos y ríos.

Las comunidades de estudio son: Villa El Carmen, Los Cedros y Samaria, estos cuentan con: 879, 1200 y 100 conexiones domiciliarias respectivamente están ubicadas mayoritariamente en áreas urbanas del municipio, existen 2,179 conexiones, es decir un 43% de cobertura del total de las viviendas del municipio.

En el municipio no existe servicio de alcantarillado sanitario, la población utilizan letrina y sumideros tradicionales de la que dispone un porcentaje de las viviendas, las aguas servidas de las casas son regadas en los patios de sus casas y otras las dejan correr en las calles.

3.3.2 Energía eléctrica

El municipio cuenta con el servicio público de energía domiciliar, cuya administración está a cargo de la empresa (Disnorte Dissur).

El servicio de energía está extendido a todas las comunidades del municipio, en las comunidades de estudio que son: Villa El Carmen, Los Cedros y Samaria, existen

2,179 viviendas que cuentan con este servicio esto significa que el 100% de viviendas cuentan con dicho servicio.

3.3.3 Transporte

La principal vía de acceso al municipio de Villa el Carmen la constituye la carretera vieja a León que cruza la parte norte del municipio. La carretera fue reconstruida y se desvía en el km 31 hacia al sur, hasta llegar a la carretera que cubre San Rafael del Sur y Pochomil, la cual tiene una longitud de 22 kilómetros de carretera adoquinada.

El transporte colectivo del municipio funciona a través de una cooperativa de buses con terminal en el mercado Israel Lewites en Managua y en la comunidad de San Cayetano, en San Rafael del Sur. Cada unidad de bus pasa a los 45 minutos.

3.3.4 Telecomunicaciones

El sistema de telecomunicaciones es brindado por las empresas: Claro y Movistar que cada quien tiene sus propias oficinas que proporcionan servicios públicos y atención al cliente.

3.4 Aspecto salud

3.4.1 Centro de salud

Este cuenta con un centro de salud en Villa El Carmen y un puesto de salud en los Cedros, compuesto por: 8 camillas, 4 médicos y 6 enfermeras que asisten periódicamente según las necesidades de la población.

En el centro de salud presta los servicios de odontología, laboratorios, farmacia, emergencia, URO, atención de partos (casa materna), epidemiología,

enfermedades transmitidas por vectores, atención general, higiene, educación y otros programas.

CAPITULO IV. MARCO TEORICO

4.1 Definición de desechos sólidos

El concepto de desecho sólido¹ es el que se aplica a todo tipo de residuo o desecho que genera el ser humano a partir de su vida diaria y que tienen forma o estado sólido a diferencia de los desechos líquidos o gaseosos. Los desechos sólidos son los que ocupan un mayor porcentaje en el total de desechos o dños que el ser humano genera debido a que gran parte de lo que consume o se utiliza en la vida cotidiana deja desechos de este tipo. Además, los desechos sólidos son también los que ocupan mayor espacio al no asimilarse al resto de la naturaleza y al permanecer muchos de ellos por años e incluso siglos en el terreno.

Es el material desechado diariamente en las distintas actividades realizadas y que se considera que no representan ninguna utilidad. Se desecha basura en la casa, escuela, trabajo, campo, calle, mercado, fábrica, hospital, etc.

Es importante manejar adecuadamente los desechos sólidos por eso se diferencia según su origen en desecho sólidos orgánicos e inorgánicos.

Desechos sólidos orgánicos: son biodegradables (se descomponen naturalmente). Son aquellos que tienen la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplo: los restos de comida, frutas y verduras, sus cascaras, carne, huevos.

¹ Norma técnica para el control ambiental de los rellenos sanitarios para los desechos sólidos NO- PELIGROSOS MARENA.NTON 05 013 – 01 CAP. 4-6.

Desechos sólidos inorgánicos: Son aquellos materiales y elementos que, no se descomponen fácilmente y sufren ciclos de degradabilidad muy largos. Entre ellos están los plásticos, losa, vidrio, hojalata, zinc, hierro, latas, desechos de construcción.

4.2 Clasificación de los desechos solidos

Los desechos sólidos están formados por materiales u objetos que carecen de utilidad aparente.

Los desechos sólidos aparecieron en la naturaleza hace aproximadamente 2 millones de años, cuando el ser humano comenzó a transformarla y generó los primeros desechos. Por esta razón, los desechos sólidos siempre han estado presente en donde hay asentamientos humanos.

Los desechos pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos los cuales contaminan el suelo, el agua o el aire afectando el ambiente y la salud de los seres vivos. Los desechos sólidos se clasifican de acuerdo con los siguientes criterios:

4.2.1 Criterios de clasificación de los desechos solidos

4.2.2 Por su constitución

a) Físicos: Constituidos por uno o varios materiales: aluminio, plástico, telas sintéticas, papel, etcétera.

b) Químicos: Producto de transformaciones de la materia prima: desechos industriales, nucleares, pilas, pinturas, etc.

c) Biológicos: Provenientes de seres vivos: cáscaras, restos de plantas y de comida, etcétera.

4.2.3 Por el lugar en donde se originan

a) Sanitarios: Se generan en hospitales, clínicas, ambulancias: gasas, soluciones, desechos de órganos, agujas, jeringas, etcétera.

b) Domésticos: Proviene de viviendas, oficinas, comercios, escuelas: bolsas, restos de alimentos, envases diversos, etcétera.

c) Forestales, ganaderos y agrícolas: Son residuos de la actividad ganadera, agrícola o forestal: troncos, abono, restos de siembras, etcétera.

d) Construcción o Demolición: Son originados en las construcciones o demoliciones: ladrillos, varillas, cemento, concreto, grava, etcétera.

Tabla No. 4.1: Tiempo en que se descompone los desechos sólidos²

Desechos Sólidos Orgánicos:	Desechos Sólidos Inorgánicos:
Cascara de plátano: 3 meses	Envase de aluminio : 350 a 400 años
Papel: 3 semanas a 2 meses	Plástico: 500 años
Tela: 1 a 3 años	Vidrio: Indefinido
Estaca de madera: 2 a 3 años	Poroplast: Indefinido
Cuero: 3 a 5 años	Cartón: 3 meses

4.3 Manejo de los desechos sólidos

Es el conjunto de procedimiento y políticas que conforman el sistema de manejo de los desechos sólidos. La meta es realizar una gestión que sea ambiental y económicamente adecuada.

² www.umng.edu.com/documents

“En la agenda 21 de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y desarrollo (CNUMAD-92) realizada en 1992 en Brasil, se estableció que el manejo de los desechos debe incluir la minimización en la producción, separación el reciclaje la recolección, el tratamiento biológico, Químico, físico o térmico y la disposición final adecuada. También se reiteró, que cada país y cada ciudad deberá establecer sus programas para lograr lo anterior, de acuerdo a sus condiciones locales y sus capacidades económicas y sociales, de conformidad con las metas a corto y mediano plazo”.

El sistema de manejo de los desechos sólidos se compone básicamente de los siguientes componentes:

- ❖ **Generación.** Cualquier persona o institución cuya acción cause la transformación de un material a un desecho. Una institución usualmente se vuelve generadora cuando sus actividades y procesos da como resultado un desecho o cuando no utiliza más un material.

- ❖ **Separación.** Es el proceso de agrupación de los desechos no seleccionados a través de medios manuales y mecánicos para transformar desechos heterogéneos en diferentes grupos relativamente homogéneos. Se recomienda hacer este proceso en la fuente de origen de los desechos y no en el vehículo de recolección o en la estación de transferencia.

- ❖ **Almacenamiento temporal.** Es la forma en que los desechos son acumulados durante un tiempo determinado antes de su recolección. Los recipientes utilizados para el almacenamiento temporal está en función del tipo recolección a realizarse.

- ❖ **Barridos de calles.** Existen dos formas de realizar el barrido de calles, de forma manual y mecánica. el barrido mecánico requiere de mano de obra calificada, buen estado físico de las calles y un servicio adecuado de

mantenimiento, a diferencia del barrido manual, que es empleado en todo el país, a pesar de sus bajos rendimientos ya que solo se limita a las principales calles.

- ❖ **Recolección y transporte.** Es aquel medio que recoge el desecho y lo lleva a un sitio de transferencia, botadero a cielo abierto o disposición final.

- ❖ **Tratamiento y disposición final.** El tratamiento, incluye la selección y aplicación de tecnologías apropiadas para el control y tratamiento de los desechos peligrosos o de sus constituyentes. Estos pueden ser: pre tratamiento mecánico (trituración y compactación) tratamiento térmico (incineración pirolisis y gasificación) tratamiento biológico (Compostaje, Lombricultura y Digestión Anaeróbica o Mecanización) respecto a la disposición final, la alternativa comúnmente más utilizada es el relleno sanitario manual y/o mecanizado.

4.3.1 Efectos de una adecuada gestión de desechos solidos

- ◆ Contribuye en la prevención de enfermedades y en la mejora de la estética pública.

- ◆ Promueve y fomenta el aprovechamiento y valorización de los desechos sólidos.

- ◆ Mitiga los impactos ambientales negativos por el inadecuado manejo de desechos.

- ◆ Promueve la participación de la población e instituciones estatales y privadas en las iniciativas de mejoramiento del sistema de gestión de los desechos.

- ◆ Incrementa el nivel de educación ambiental en la producción.

- ◆ Permita la instalación de estructuras gerenciales apropiadas para la gestión ambiental de los desechos.

4.3.2 Efectos negativos de una inadecuada gestión de los desechos solidos

Para comprender con mayor claridad los efectos en la salud de las personas, es necesario distinguir entre los riesgo directos e indirectos que provocan.

- a) **Riesgos directos:** son los ocasionados por el contacto directo con los desechos, por la costumbre de la población con materiales peligrosos tales como: vidrios rotos, metales, jeringas, hojas de afeitar etc.
- b) **Riesgos indirectos:** el riesgo indirecto más importante se refiere a la proliferación de animales, portadores de microorganismo que transmiten enfermedades a toda la población, conocidos como vectores. Estos vectores son: moscas, mosquitos, ratas y cucarachas, estos se alimentan de los desechos sólidos y también este ambiente lo favorece para su reproducción, lo que se convierte en múltiples enfermedades desde simple diarreas hasta cuadros severos de tifoidea u otras dolencias de mayor gravedad.

Las moscas: Su ciclo de producción depende de la temperatura ambiental puede llegar a su estado adulto en un lapso de 8 a 20 días y su radio de acción puede ser 10 km en 24 horas. Su medio de reproducción está en los excrementos húmedos de humanos y animales, (criaderos, letrinas mal construidas, fecalismo al aire libre, lodos de tratamiento, basuras, etc.). Se estima que un kilogramo de materia orgánica permite la reproducción 70,000 moscas. Las condiciones de insalubridad resultante del manejo inadecuado de los desechos sólidos clave municipales y amenazan peligrosamente la salud pública.

Los desechos: Es la fuente principal de reproducción de la mosca doméstica, que transmite enfermedades y causa la muerte de millones de personas en todo el mundo.

Por tanto, elemento clave para el control de la mosca doméstica es un buen almacenamiento, seguido de la recolección y disposición sanitaria final de los desechos en un relleno sanitario.

Las cucarachas: Existen desde hace 350 millones de años y dada su extraordinaria resistencia a la mayoría de los insecticidas y capacidad de adaptación.

Viven alrededor de los recipientes de los desechos, en los mostradores de cocina cerca de la mesa del comedor y de los baños. Se alimentan de desperdicios y caminan durante la noche sobre la comida animales dormidos o los seres humanos contaminándolo con sus vómitos y excrementos. Transmiten más de 70 enfermedades y cerca del 8% de la población humana es alérgica a ellas y desarrollan graves dolencias respiratorias si se exponen a lugares frecuentados por estos bichos.

Las ratas: A través de los siglos han acompañado al hombre en la tierra y siempre han sido consideradas como unas de las peores plagas. Además de transmitir graves enfermedades como la leptospirosis, salmonelosis, peste y parásitos, también atacan a los seres humanos. Las ratas causan importantes daños en la infraestructura, eléctrica y telefónicas de las ciudades, y que pelan y se comen los cables de las respectivas redes lo que ocasionan un buen número de incendios. También contribuye al deterioro y a la contaminación de una buena parte de los alimentos. Se reproducen rápidamente, dan de 6 a 12 crías por camada y una pareja de ratas puede tener hasta 10 mil descendientes por año.

Asimismo se pueden afirmar que otro factor que pone en riesgo la salud pública y que por tanto obliga a disponer correctamente los desechos sólidos es la alimentación de animales con desechos (vacas, cerdos, cabra, aves) sin vigilancia sanitaria. Esta práctica no es recomendable ya que se corre el riesgo de propagar diversos tipos de enfermedades, pues no debemos olvidar que estos desechos suelen estar mezclados con desechos, infecciosos proveniente de hospitales y centro de salud o de otros lugares contaminados donde los desechos se descargan sin ninguna separación previa ni tratamientos.

- c) **Efectos en el ambiente:** El efecto ambiental más obvio del manejo inadecuado de los desechos sólidos municipales lo constituye el deterioro estético de las ciudades así como del paisaje natural tanto urbano como rural. La degradación del paisaje natural, ocasionada por los desechos tirados sin ningún control va en aumento es cada vez más común observar botaderos a cielo abierto o desechos amontonados en cualquier lugar.
- d) **Contaminación del agua:** El efecto ambiental más serio pero menor reconocido es la contaminación de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, por el vertimiento de desechos a ríos y arroyos, así como por el líquido percolado (lixiviado), producto de la descomposición de los desechos sólidos en los botaderos a cielo abierto.

Es necesario llamar la atención respecto a la contaminación de las aguas subterráneas, conocido como manto freático o acuíferos, puesto que son fuentes de agua de poblaciones enteras. Las fuentes contaminadas implican consecuencias para la salud pública cuando no se tratan debidamente y grandes gastos de potabilización.

La descarga de desechos sólidos a las corrientes de agua incrementa la carga humana que disminuye el oxígeno disuelto, aumenta los nutrientes que propician el desarrollo de algas y dan lugar a la eutrofización, causa

la muerte de peces, genera malos olores y deteriora la belleza natural de este recurso. Por tal motivo en muchas regiones las corrientias de agua han dejado de ser fuentes de abastecimiento para el consumo humano o de recreación de sus habitantes.

La descarga de los desechos en arroyos y canales o su abandono en las vías públicas, también traen consigo la disminución de los cauces y la obstrucción tanto de esto como de las redes de alcantarillados. En los periodos de lluvia provocan inundación que puede ocasionar la perdida de cultivos, de bienes y materiales y lo que es más grave aún, vidas humanas.

e) Contaminación del suelo: otro efecto negativo fácilmente reconocible es el deterioro estético de los pueblos y ciudades, con la consecuente desvalorización, tanto de los terrenos donde se localizan los botaderos como de las áreas vecinas, por el abandono y la acumulación de basura. Además, la contaminación o el envenenamiento de los suelos es otro de los perjuicios de dichos botaderos, debido a las descargas de sustancias toxicas y la falta de control de parte de la autoridad ambiental.

f) Contaminación del aire: Los desechos sólidos abandonado en los botaderos a cielo abierto deterioran la calidad del aire que respiramos, tanto localmente como los alrededores, a causa de las quemas y los humos, que reducen la visibilidad, y del polvo que levanta el viento en los periodos secos, ya que puede transportar a otros lugares microorganismo nocivos que producen infecciones respiratorias e irritaciones nasales y de los ojos, además de las molestias que dan los olores pestilentes.

g) Riesgos para el desarrollo social: las difíciles condiciones económicas, las migraciones rurales, en suma, la pobreza, han

convertido los recursos contenidos en los desechos en el medio de subsistencia de muchas personas con sus familias.

h) Riesgos para el desarrollo urbano: las autoridades se quejan habitualmente de la falta de disciplina social y cívica de la población y por su parte esta se queja de la incapacidad de las instituciones públicas para cumplir su papel. El primer reclamo de los sectores populares se refiere a la cobertura. Los indicadores de cobertura son engañosos porque representan el número de usuarios que contribuye con una tarifa y no se refieren a la calidad del servicio de esta manera, muchos pagan pero no lo reciben el servicio y otros sencillamente ni lo pagan ni lo reciben por encontrarse su vecindario en una situación de ilegalidad en relación con las tierras p los servicios públicos.

La inadecuada disposición de los desechos sólidos municipales también es fuente de deterioro de los ecosistemas urbanos de borde, como tierras agrícolas, zonas de recreación, sitios turísticos y arqueológicos, entre otros. Estos a su vez, afecta a la flora y fauna de la zona.

Esta situación debe apreciarse como parte de la carencia de políticas urbanas, reflejadas en el evidente agravamiento de las condiciones habitacionales durante los últimos años.

Es común que los botaderos a cielo abierto se sitúen en las áreas donde vive la población económicamente más pobre, lo que aumenta el grado de deterioro de todas las condiciones y en consecuencia, devalúa las propiedades, lo que constituye un obstáculo para el desarrollo urbano de la ciudad.

4.4 Marco legal para el manejo de los desechos sólidos

Las normativas que regulan el manejo de los desechos sólidos a nivel nacional, publicadas en el Diario Oficial La Gaceta, son las siguientes:

Constitución política de Nicaragua. Establece en el artículo 60 que los nicaragüenses tienen derecho de habitar en un ambiente saludable y que es obligación del estado la preservación, conservación y rescate del medio ambiente y de los recursos naturales.

Ley 217: Ley general del medio ambiente y recursos naturales el objetivo de esta ley es establecer las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales. Con relación a los desechos sólidos las siguientes disposiciones:

Artículo 129: Las alcaldías operan sistemas de recolección tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos del municipio, observando las normas oficiales emitidas por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA) y el Ministerio de Salud (MINSa), para la protección del ambiente y la salud.

Artículo 130: El estado fomentara y estimulara el reciclaje de desechos domésticos e industriales para su industrialización, mediante los procedimientos técnicos y sanitarios que aprueben las autoridades competentes.

Decreto 9-96: Reglamento de la ley General sobre Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Este reglamento establece las siguientes disposiciones relacionadas con la gestión de los desechos.

Artículo 95: MARENA, en coordinación con el MINSa y las alcaldías, emitirá las normas ambientales para el tratamiento, disposición final y manejo ambiental de los desechos sólidos no peligrosos y las correspondientes normativas ambientales para el diseño, ubicación, operación y mantenimiento de los botaderos y rellenos sanitarios de desechos sólidos no peligrosos.

Artículo 96: MARENA, en coordinación con el Ministerio de energía promoverá el reciclaje, la utilización y el reúso de los desechos sólidos no peligrosos.

Artículo 97: MARENA, en coordinación con las alcaldías promoverá el reciclaje, la utilización y el reúso de los desechos sólidos no peligrosos.

Artículo 269: En el inciso 8, establece la función de la Dirección General de Calidad Ambiental (DGCA) del MARENA: regular, controlar, normar y establecer procedimientos ambientales para el manejo de desechos sólidos municipales, comerciales, industriales y agrícolas en coordinación con las autoridades territoriales y proponer técnicas alternas de tratamiento, reciclaje y reducción.

Ley 40: Ley de municipios y ley 261: Reforma e incorporación a la ley de municipios. Dispone en el artículo 7 que el gobierno municipal tendrá, entre otras, la competencia de promover la salud e higiene de la población y que para tales fines deberá realizar la limpieza pública por medio de la recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos; además deberá promover y participar en campañas de higiene y salud preventiva en coordinación con los organismo correspondientes.

Decreto 47-05: Política Nacional de Manejo de desechos sólidos. Tiene como objetivo establecer la política nacional sobre la gestión integral de los desechos sólidos peligrosos y no peligrosos para el periodo 2005-2023, así como los principios y lineamientos que la integran, definiciones, planes, acciones y estrategias para su implementación en el territorio nacional; incorporando los aspectos técnicos, administrativos, económicos, ambientales y sociales dirigidos a evitar y minimizar la generación de los mismos, fomentando su valorización y reduciendo la cantidad de desechos destinados a disposición final, a fin de prevenir y reducir sus riesgos para la salud y el ambiente, disminuir las presiones que ejercen sobre los recursos naturales y elevar la competitividad de los sectores productivos, en un contexto de desarrollo sustentables y de responsabilidad compartida.

NTON 05 013-01: Norma Técnica para el Control Ambiental de los Rellenos Sanitarios para Residuos Sólidos No-Peligrosos. El objetivo de esta norma es establecer los criterios generales y específicos, parámetros y especificaciones

técnicas ambientales para la ubicación, diseño, operación, mantenimiento y cierre de la disposición final de los desechos sólidos no peligrosos en Rellenos Sanitarios.

NTON 05 014-01: Norma Técnica Ambiental para el Manejo. Tratamiento y disposición final de los desechos sólidos No-Peligrosos. El objetivo de esta norma es establecer los criterios técnicos y ambientales que deben cumplirse, en la ejecución de proyectos y actividades de manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos, a fin de proteger el medio ambiente.

4.5 Disposición final de los desechos sólidos

En los últimos años, los desechos sólidos se han convertido en un gravísimo problema propio de las ciudades muy pobladas, en las cuales la mayoría de la población esta pobremente educada en lo concerniente al manejo de los desechos sólidos.

Los botaderos de desechos sólidos es una de las prácticas de disposición final más antiguas que ha utilizado el hombre para tratar de deshacerse de los desechos que el mismo produce en sus diversas actividades, se le llama botadero al sitio donde los desechos sólidos se abandonan sin separación ni tratamiento alguno. Este lugar suele funcionar sin criterios técnicos en una zona de recarga situada junto a un cuerpo de agua, un drenaje natural etc.

Ahí no existe ningún tipo de control sanitario ni se impide la contaminación del ambiente; el aire, el agua y el suelo son deteriorados por la formación de gases y líquidos lixiviados, quemas y humos, polvo y olores nauseabundos. Los botaderos de desechos a cielo abierto son cuna y hábitat de fauna nociva transmisora de múltiples enfermedades. En ellos se observa la presencia de perros, vacas cerdos y otros animales que representan un peligro para la salud y la seguridad de los pobladores de la zona, especialmente para las familias de los segregadores que sobreviven en condiciones inhumanas sobre los montones de desechos o en sus alrededores. La segregación de subproductos de los desechos sólidos promueve la proliferación de negocios relacionados con la reventa de materiales y el comercio ilegal. Ellos ocasionan la depreciación de las áreas y construcciones colindantes.

4.5.1 Importancia de la cobertura

El cubrimiento diario de los residuos y la cobertura final del relleno sanitario con tierra es de vital importancia para el éxito de esta obra. Ello debe cumplir las siguientes funciones:

- Minimizar la presencia y proliferación de moscas y aves.
- Impedir la entrada y proliferación de roedores.
- Evitar incendios y presencia de humos.
- Reducir los malos olores.
- Disminuir la entrada de agua de lluvia a los desechos sólidos.
- Orientar los gases hacia los drenajes para evacuarlos del relleno sanitario.
- Darle al relleno sanitario una apariencia estética aceptable.
- Servir como base para las vías de acceso internas.
- Permitir el crecimiento de vegetación.

4.5.2 Vertederos

Un vertedero es una forma de disposición final de los desechos sólidos, que se caracteriza por la simple descarga (vertido) de los desechos sobre el terreno, sin medidas de protección para el medio ambiente o la salud pública. Es lo mismo que la descarga de desechos a cielo abierto. Los desechos así tratados acarrearán problemas de salud pública, como proliferación de transmisores de enfermedades (moscas, mosquitos, cucarachas, ratas, etc.), generación de malos olores y, principalmente, la contaminación de la tierra y de las aguas superficiales y subterráneas a través del lixiviado (líquido de color oscuro, mal oliente y de elevado potencial contaminante, producido por la descomposición de materia orgánica contenida en los residuos sólidos), comprometiendo los recursos hídricos y el suelo.

A esta situación se añade la absoluta falta de control en cuanto a los tipos de desechos recibidos en estos sitios, donde se acumulan inclusive desechos originados por los servicios de salud y las industrias. Comúnmente se asocian a los

vertederos situaciones altamente indeseables, como la cría de cerdos y la existencia de hurgadores (los cuales, muchas veces, son residentes de la localidad).

4.5.3 Reciclaje

Es toda actividad que permite reaprovechar un desecho sólido, mediante un proceso de transformación. Con el reciclaje se contribuye a la reducción del uso de espacios en los rellenos sanitarios y botaderos. Estos reducen los volúmenes de desechos sólidos que permite el ahorro de energía y recursos naturales.

El reciclaje es un componente clave en la reducción de desechos contemporáneos y es el tercer componente de las 3R ("Reducir, Reutilizar, Reciclar").

Los materiales reciclables son muchos, e incluyen todo el papel y cartón, el vidrio, los metales ferrosos y no ferrosos, algunos plásticos, telas y textiles, maderas y componentes electrónicos. En otros casos no es posible llevar a cabo un reciclaje debido a la dificultad técnica o alto coste del proceso, de modo que suele reutilizarse el material o los productos para producir otros materiales y se destinan a otras finalidades, como el aprovechamiento energético.

4.6 Relleno sanitario³

El relleno sanitario es un proceso utilizado para la disposición de residuos sólidos en la tierra, particularmente desechos sólidos domiciliarios. El proceso se basa en que "criterios de ingeniería y normas operacionales específicas, permiten su confinamiento seguro en términos de control de contaminación ambiental y protección de la salud pública". Es por lo tanto una "forma de disposición final de desechos sólidos urbanos en la tierra, a través de su confinamiento en capas

³ Residuos Sólidos Municipales, Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales, Programa de salud Ambiental, serie técnica No.28, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, Washington D.C; Septiembre de 1991.

cubiertas con materia inerte, generalmente tierra, según normas operacionales específicas, de modo de evitar daños o riesgos para la salud pública y la seguridad, minimizando los impactos ambientales.

Un relleno sanitario es una obra de ingeniería destinada a la disposición final de los desechos sólidos domésticos, las cuales se disponen en el suelo, en condiciones controladas que minimizan los efectos adversos sobre el medio ambiente y el riesgo para la salud de la población. Hasta la fecha el Relleno Sanitario es la técnica que mejor se adapta a la región para disponer de manera sanitaria los desechos sólidos municipales y esto tanto desde el punto de vista técnico como económico.

En la actualidad el relleno sanitario moderno se refiere a una instalación diseñada y operada como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros y cuyo éxito radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño por supuesto, en su óptima operación y control. Si hay una planificación técnica y ambiental ofrecerá también una vez terminada su vida útil excelentes perspectivas de una nueva puesta en valor del sitio gracias a su eventual utilización en usos distintos al relleno sanitario, como pueden ser actividades de silvicultura y agropecuarias.

La definición más exacta de relleno sanitario es la dada por la sociedad de Ingenieros civiles (ASCE). Relleno sanitario es una técnica para la disposición de desechos sólidos en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y seguridad pública, se utilizan principios de ingeniería para confinar los desechos en un área lo menor posible reduciendo su volumen al mínimo.

4.6.1 Principios básicos de un relleno sanitario

Se considera oportuno resaltar las siguientes prácticas básicas para la construcción, operación y mantenimiento de un relleno sanitario:

- ❖ Supervisión constante durante la construcción con la finalidad de mantener un alto nivel de calidad en la construcción de la infraestructura del relleno y en las operaciones de rutina diaria, todo esto mientras se descarga, recubre la basura y compacta la celda para conservar el relleno en óptimas condiciones. Esto implica tener una persona responsable de su operación y mantenimiento.
- Desviación de las aguas de escorrentía para evitar en lo posible su ingreso al relleno sanitario.
- Considerar la altura de la celda diaria para disminuir los problemas de hundimientos y lograr mayor estabilidad.
- El cubrimiento diario con una capa de 0.10 a 0.20 metros de tierra o material similar.
- La compactación de los RSM con capas de 0.20 a 0.30 metros de espesor y finalmente cuando se cubre con tierra toda la celda. De este factor depende en buena parte el éxito del trabajo diario, pues con él se puede alcanzar, a largo plazo, una mayor densidad y vida útil del sitio.
- Lograr una mayor densidad (peso específico), pues resulta mucho más conveniente desde el punto de vista económico y ambiental.
- Control y drenaje de percolados y gases para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente.
- El cubrimiento final de unos 0.40 a 0.60 metros de espesor se efectúa con la misma metodología que para la cobertura diaria; además, debe realizarse de forma tal que pueda generar y sostener la vegetación a fin de lograr una mejor integración con el paisaje natural.

4.6.2 Ventajas del relleno sanitario

Tabla No. 4. 2 Ventajas del relleno sanitario⁴

⁴ www.bvsde.paho.org/cursoa_rsm/e/unidad3.html (Curso de auto aprendizaje, Diseño, Construcción y Operación de rellenos sanitarios Manuales).

1. La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para instaurar el tratamiento de residuos mediante plantas de incineración o de compost.
2. Tiene menores costos de operación y mantenimiento que los métodos de tratamiento.
3. Un relleno sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de RSM.
4. Genera empleo de mano de obra poco calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo.
5. Recupera gas metano en los rellenos sanitarios que reciben más de 500 t/día, lo que puede constituir una fuente alternativa de energía para algunas ciudades.
6. Recupera gas metano en los rellenos sanitarios que reciben más de 500 t/día, lo que puede constituir una fuente alternativa de energía para algunas ciudades.
7. Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca del área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles, lo que reduce los costos de transporte y facilita la supervisión por parte de la comunidad.

4.6.3 Desventajas del relleno sanitario.

Tabla No. 4. 3 Desventajas del relleno sanitario.

1. El rápido proceso de urbanización, que limita y encarece el costo de los pocos terrenos disponibles, lo que obliga a ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de la población.
2. No se recomienda el uso del relleno clausurado para construir viviendas, escuelas, etc.
3. La limitación para construir infraestructura pesada por los asentamientos y hundimientos después de clausurado el relleno.

4. Puede ocasionar impacto ambiental de largo plazo si no se toman las previsiones necesarias en la selección del sitio y no se ejercen los controles para mitigarlos. En rellenos sanitarios de gran tamaño conviene analizar los efectos del tráfico vehicular, sobre todo de los camiones que transportan los residuos por las vías que con-fluyen al sitio y que producen polvo, ruido y material volante. En el vecindario el impacto lo generan los líquidos, gases y malos olores que pueden emanar del relleno.

5. Los predios o terrenos situados alrededor del relleno sanitario pueden devaluarse.

6. En general, no puede recibir residuos peligrosos.

7. Puede presentarse eventualmente la contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas, así como la generación de olores desagradables y gases, si no se toman las debidas medidas de control y de seguridad.

4.7 Tipos de rellenos sanitarios

4.7.1 Relleno sanitario manual

Es una adaptación del concepto de relleno sanitario para las pequeñas poblaciones que por la cantidad y el tipo de residuos que producen menos de 15 t/día-, además de sus condiciones económicas, no están en capacidad de adquirir el equipo pesado debido a sus altos costos de operación y mantenimiento. El término manual se refiere a que la operación de compactación y confinamiento de los desechos sólidos puede ser ejecutado con el apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas.

4.7.2 Relleno sanitario mecanizado

El relleno sanitario mecanizado es aquel diseñado para las grandes ciudades y poblaciones mayores de 40,000 habitantes que generan más de 40 toneladas diarias. Por sus exigencias es un proyecto de ingeniería bastante complejo, que va más allá de operar con equipo pesado. Esto último está relacionado con la cantidad



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Protocolo de Monografía

Diseño de relleno sanitario para la ciudad de Villa el Carmen, departamento de Managua.

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Guillermo Fauricio Toruño Martínez

Br. Byron Ulises López López

Tutor

Msc. Ing. José Ángel Baltodano Maldonado

Managua, Mayo 2016

y el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y la ejecución del relleno, y la infraestructura requerida, tanto para recibir los residuos como para el control de las operaciones, el monto y manejo de las inversiones y los gastos de operación y mantenimiento.

Para operar este tipo de relleno sanitario se requiere del uso de un compactador de desechos sólidos, así como equipo especializado para el movimiento de tierra: tractor de oruga, retroexcavadora, cargador, volquete, etc.

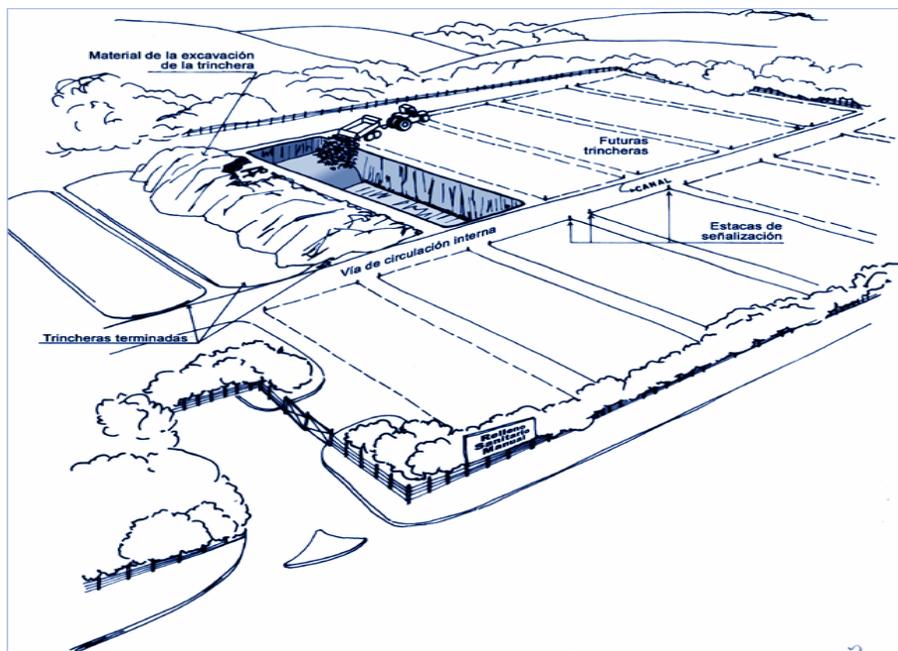


Figura No. 1. Relleno sanitario mecanizado.

4.7.3 Relleno sanitario semimecanizado

Es eliminar la necesidad de equipo pesado de tiempo completo para esparcimiento y compactación de residuos, excavación, transporte, esparcimiento y compactación de la cobertura diaria para reducir los costos de operación y promover la sostenibilidad a la escala municipal. Se utiliza una excavadora hidráulica durante 3 o 4 días para excavar una trinchera (a una profundidad, ancho y largo determinado).

Los camiones descargan los desechos directamente a la trinchera verticalmente para formar la celda diaria.

Cuando la población genere o tenga que disponer entre 16 y 40 toneladas diarias de RSM en el relleno sanitario, es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual, a fin de hacer una buena compactación de los desechos, estabilizar los terraplenes y dar mayor vida útil al relleno. En estos casos, el tractor agrícola adaptado con una hoja topadora o cuchilla y con un cucharón o rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para operar este relleno al que podríamos llamar semimecanizado.

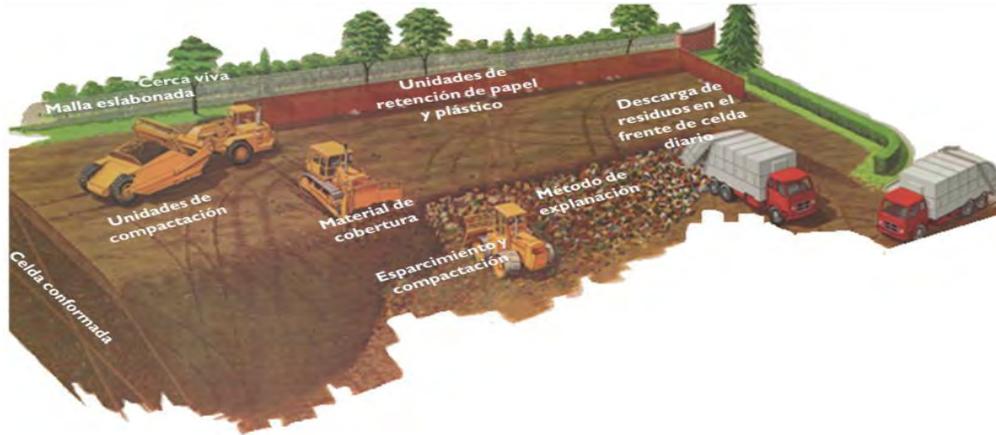


Figura No.2 Relleno sanitario semimecanizado⁵.

4.8 Métodos de construcción de un relleno sanitario

4.8.1 Método de la zanja⁶

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Hay experiencias de excavación de trincheras de hasta de 7 metros de profundidad. Los RSM se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego

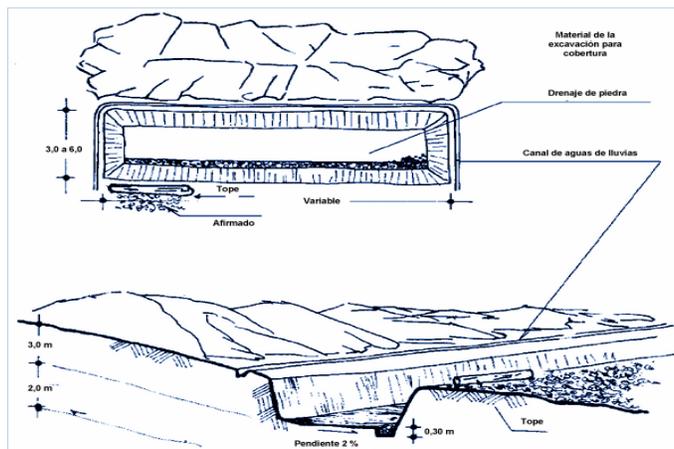
⁵ Organización Panamericana de la Salud (1991). Guía para el diseño y construcción y operación del relleno sanitario Manuales

⁶ Recolección y Tratamiento de desechos sólidos, Amunic e Inifon.

compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada. Se debe tener especial cuidado en periodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. De ahí que se deba construir canales perimétricos para captarlas y desviarlas e incluso proveer a las zanjas de drenajes internos. En casos extremos, se puede construir un techo sobre ellas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado.

La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación.

Figura No. 3. Método de Zanja



4.8.2 Método de área

En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar los desechos sólidos, esta puede depositarse directamente sobre el suelo original, el que debe elevarse algunos metros, previa impermeabilización del terreno. En estos casos, el material de cobertura deberá ser transportado desde otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. Las fosas se construyen

con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno.

El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno; es decir, los desechos sólidos se descargan en la base del talud, se extiende y apisona contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra.

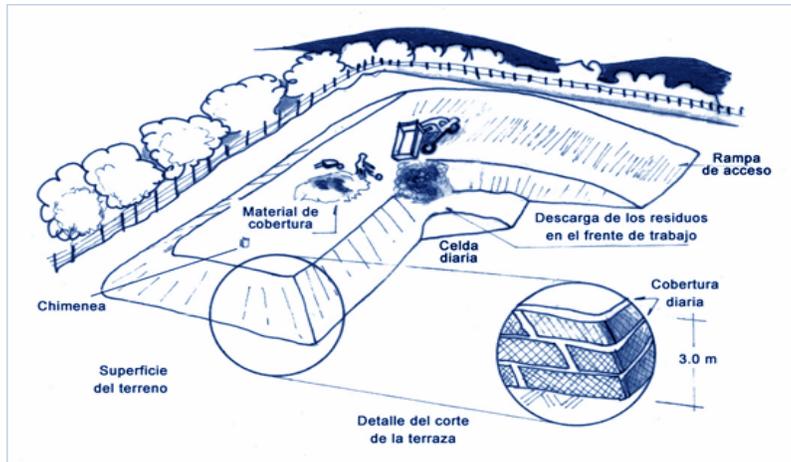


Figura No. 4. Método de Área.

4.8.3 Método de la depresión

En lugares donde existen, es posible utilizar eficientemente, depresiones naturales o artificiales para operaciones de rellenos sanitarios. Cañones, cañadas, excavaciones secas de préstamo y canteras han sido utilizadas para este propósito. Las técnicas para colocar y compactar los desechos sólidos en rellenos sanitarios en depresiones varían con la geometría del sitio, las características del material de recubrimiento, la hidrología y geología del sitio y el acceso al lugar.

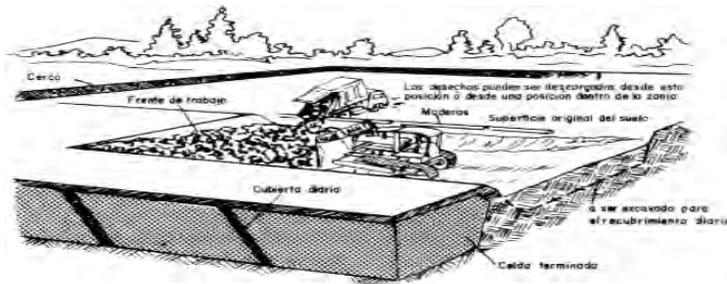


Figura No. 5. Método de la Depresión⁷.

4.9 Criterios de diseño del relleno sanitario.

Como punto de partida de un diseño del relleno sanitario es conocer la generación de desechos sólidos que la población de la zona de estudio genera por día.

4.9.1 La Generación de desechos sólidos.

Es la cantidad de desechos originados por una determinada fuente en un intervalo de tiempo determinado; los principales factores que influyen en ella son la localización geográfica, la estación del año, la frecuencia de recolección, el alcance de las operaciones de recuperación y reciclaje, la legislación y las características y actitudes de la población.

Una variable necesaria para dimensionar el sitio de disposición final es la llamada producción per cápita (PPC). Este parámetro asocia el tamaño de la población, la cantidad de desechos y el tiempo; siendo la unidad de expresión el kilogramo por habitante por día (Kg/Hab/Día).

Además de la generación también es importante estudiar la composición física de los desechos sólidos para describir los componentes individuales que constituyen el flujo de desechos y su distribución relativa, basado en porcentajes de peso.

El conocimiento sobre la composición y cantidad de desechos sólidos, generado por una población determinada, es la información fundamentada utilizada en evaluación de alternativas sobre las necesidades de equipos, sistemas, planes y programas de manejo, especialmente en lo que respecta a la implementación de opciones para la disposición y recuperación de materiales de los desechos.

Según Acurio, Rossin, Teixeira y Zepeda (1997) en los países de bajo ingresos, como el caso de Nicaragua los valores PPC oscilan entre 0.4 – 0.6 Kg/Hab/Día.

Otra característica relevante es la densidad de los desechos sólidos, este es un valor fundamental para dimensionar los recipientes de almacenamiento, tanto de los

⁷ Organización Panamericana de la Salud (1991). Guía para el diseño y construcción y operación del relleno sanitario Manuales

hogares como de la vía pública; igualmente, es un factor básico que marca los volúmenes de los equipos de recolección y capacidad de los rellenos. Al igual que la generación, la densidad varía significativamente con la ubicación geográfica, estación del año y tiempo de almacenamiento.

Según Acurio, Rossin, Teixeira y Zepeda (1997) los desechos sólidos de América latina presentan densidades que alcanzan valores de 125 a 250 kg/m³ cuando se mide suelta, de 375 a 550 kg/m³ cuando está en el camión compactador de 600 a 1.000 Kg/m³ cuando se compacta en los rellenos sanitarios.

La obtención de la producción per cápita se realiza a través de una caracterización del municipio. El objetivo de este estudio es generar información cualitativa y cuantitativa utilizando métodos de muestreos estadísticos y análisis señalados, para la determinación de generación per cápita, peso volumétrico y el porcentaje de productos recuperables y no recuperables.

El procedimiento a seguir

- ❖ Definición de población, son todas las viviendas particulares y establecimientos comerciales de las comunidades de estudios.
- ❖ División de la población en estratos.
- ❖ Utilización de la generación per cápita, como se considera que la población está conformada N viviendas, las mismas que tienen R_i habitantes y producen W_i kg de desechos en un día. Así se tiene que cada una produce $X_i = W_i/R_i$ Kg/ha/d.

4.9.2 Metodología para el análisis de los desechos

- Seleccionar de manera aleatoria las viviendas a muestrear, con ayuda del plano catastral de la localidad o el padrón de usuarios del servicio.
- Definir de manera coordinada con los funcionarios municipales, el lugar donde se llevara a cabo el trabajo de caracterización.

- Definir los objetivos y la metodología de trabajo a desarrollar, indicando a los participantes que el muestreo se llevara en 6 días.
- Registrar el nombre de la persona responsable, la dirección y el número de habitantes por viviendas seleccionadas.
- Entregar las bolsas vacía a los propietarios de cada vivienda seleccionada pedirles que depositen en ella los desechos generados en las viviendas, y que procuren no cambiar las costumbres o rutina diaria.
- Recoger las bolsas con desechos al día siguiente y entregar otra bolsa vacía. Procurar que esta actividad se efectuó aproximadamente a la misma hora en que se entregaron las bolsas el día anterior.
- Marcar las bolsas para su identificación; colocarles etiquetas donde se especifique el número de viviendas, el número de habitantes por vivienda, la dirección y la fecha.
- Llevar las bolsas con desechos recolectado al lugar donde se hará la caracterización de dichos desechos y continuar con el procedimiento detallado en el siguiente punto.

4.9.3 Determinación de la generación Per cápita y generación total diaria de los desechos sólidos

Se utiliza el total de desechos recolectados por día de muestreo. Se pesa diariamente (W_i) la totalidad de las bolsas recogidas durante los días que dure el muestreo (se indica que para el primer día de muestreo se elimina el desecho recolectado sin considerar sus datos para el análisis). Este peso representa (W_t) la cantidad total de desechos diaria generada en todas las viviendas.

En función a los datos recopilados sobre número de personas por vivienda (n_i), se determina el número total de personas que han intervenido (N_t) en el muestreo. Se divide el peso total de las bolsas (W_t) entre el número total de personas (N_t) para obtener la generación per cápita diaria promedio de las viviendas muestreadas (Kg/ha/día). Para determinar la generación total diaria se multiplica la generación per cápita por el número de habitantes de la localidad.

4.9.4 Determinación de la composición física de los desechos sólidos

Para realizar este trabajo se utiliza la muestra de un día. Se deben colocar los desechos en una zona pavimentada o sobre un plástico grande, con la finalidad de no combinar los desechos con la tierra. Se rompen las bolsas y se vierte el desecho formando un montón. Con la finalidad de homogenizar la muestra, se trozan los desechos más voluminosos hasta conseguir un tamaño que resulte manipulable: de 15 cm o menos. El montón se divide en cuatro partes (método de cuarteo) y se escogen las dos partes opuestas para formar un nuevo montón más pequeño. La muestra menor se vuelve a mezclar y se divide en cuatro partes nuevamente, luego se escogen dos opuestas y se forma otra muestra más pequeña. Esta operación se repite hasta obtener una muestra de 90kg de desechos sólidos o menos.

Se separan los componentes del último montón y se clasifica en: Tela, Poro Plas, Plástico, Metal, Vidrio, Hule, Cartón, Desperdicio de Comida, Desperdicio de, Jardinería.

Se calcula el porcentaje de cada componente teniendo en cuenta los datos del peso total de los desechos sólidos recolectados en un día (W_t) y el peso de cada componente P_i .

4.9.5 Origen o procedencia

Los RSM en las áreas urbanas de las pequeñas poblaciones se pueden clasificar según su procedencia: residencial, comercial industrial, barrido de vías y áreas públicas mercado e institucional.

a) Sector comercial

Con algunas excepciones (poblaciones en las zonas de frontera y sitios turísticos), el comercio no representa altos índices en la producción de RSM, dado que en estas localidades no está muy desarrollada y la actividad comercial suele combinarse con la vivienda. La composición de los desechos de la actividad comercial en estas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Protocolo de Monografía

Diseño de relleno sanitario para la ciudad de Villa el Carmen, departamento de Managua.

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Guillermo Fauricio Toruño Martínez

Br. Byron Ulises López López

Tutor

Msc. Ing. José Ángel Baltodano Maldonado

Managua, Mayo 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Protocolo de Monografía

Diseño de relleno sanitario para la ciudad de Villa el Carmen, departamento de Managua.

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Guillermo Fauricio Toruño Martínez

Br. Byron Ulises López López

Tutor

Msc. Ing. José Ángel Baltodano Maldonado

Managua, Mayo 2016

comunidades predominan los materiales de empaque (papel, cartón, vidrio, plástico, desperdicio de comida y de jardinería).

b) Sector industrial

La actividad industrial suele ser baja y de tipo artesanal, de manera que es de esperar que sus desechos sólidos no presenten características especiales. Por ende, salvo pocas excepciones, no es significativa para el análisis de estas pequeñas poblaciones.

c) Plaza de mercado

La zona de mercado presenta que allí se concentran un carácter más definido, dado que allí se concentran los expendios de carne, pescado, vegetales, frutas, abarrotes y otros. Lo que indica que gran parte de los desechos es de materia orgánica y solo una muy pequeña es material de empaque; para estos desechos puede ser recomendable la producción de compostaje con métodos manuales.

d) Barrido de vías y áreas publicas

El servicio de barrido de vías y limpieza de áreas públicas; tales como el parque principal que contribuyen a la producción de desechos. Estos están compuestos básicamente de hojas, hierva, cascara de frutas, además de papeles, plásticos, latas, vidrios, palos y un alto contenido de tierra.

e) Sector institucional

Para el caso de establecimientos especiales como escuelas, se puede considerar, sin gran margen de error, que la generación de desechos sólidos no es muy significativa con respecto al resto; su composición es similar a las anteriores.

4.9.6 Aspectos demográficos

Es necesario conocer el número de habitantes para definir las cantidades de RSM que se han de disponer.

Es además de suma importancia estimar la producción en el futuro, para definir las cantidades de desechos sólidos que se deben disponer durante el periodo de diseño, lo cual conlleva a realizar una proyección de la población, al igual que en cualquier obra de servicio público.

La obtención de estos es posible a través de métodos geométricos (expansión biológica el cual asume una tasa de crecimiento constante) o a través de datos estadísticos que disponga el municipio, La institución encargada de realizar estos tipos de estudios es INIDE (Instituto Nacional de Información de Desarrollo), el cual elabora a cada diez años censos nacionales.

4.9.7 Determinación de volúmenes y áreas

a) Volúmenes

Estos se encuentran en función de la producción diaria de desechos sólidos ya sea un 100% o una parte recolectada, así como la densidad y el material de cobertura.

b) Área requerida

Con el cálculo de volumen se puede estimar el área necesaria de relleno activo, estimando la profundidad del relleno con conocimiento pleno de la topografía del sitio.

Podemos decir que el área requerida está en función:

- ◆ Cantidad de sólidos a disponer.
- ◆ Cantidad de material de cobertura.
- ◆ Densidad de compactación de los sólidos.
- ◆ Capacidad volumétrica del sitio.
- ◆ Área adicional para construcciones de obras complementarias.

c) Material de cobertura

Una de las diferencias fundamentales entre relleno sanitario y un botadero a cielo abierto es la utilización de material de cobertura para separar adecuadamente los desechos del ambiente exterior y confinarla al final de celdas diarias.

El recubrimiento diario de los desechos sólidos con tierra es de vital importancia para el relleno sanitario, debido a que cumple las siguientes funciones:

- Prevenir la presencia y proliferación de mosca.
- Impedir la entrada y proliferación de roedores.
- Evitar incendios y presencia de humos.
- Minimizar los malos olores.
- Disminuir la entrada del agua de lluvia a los desechos sólidos.
- Orientar los gases hacia las chimeneas para evacuarlos del relleno sanitario.
- Permitir el crecimiento de vegetación.

4.9.8 Reciclaje de desechos orgánicos domiciliarios

Primero debemos tener en cuenta que para poder aprovechar nuestros desechos tendremos que separarlos usando un recipiente para los orgánicos y otro para los inorgánicos.

Los desechos orgánicos que generemos en nuestro domicilio son una fuente de nutrientes muy buena para enriquecer el suelo. Tanto si tenemos una huerta como un jardín, vivamos en el campo o en la ciudad.

Reutilización y reciclado

Hay otra acción que se puede llevar a cabo tanto en los hogares, escuelas y locales y consiste en clasificar los desechos orgánicos para ver cómo se puede manejar cada uno de ellos por separado.

Para ellos necesitamos 8 cajas o sacos, cada una para un tipo de desecho, divididas de la siguiente forma:

Desechos orgánicos: desechos de cocina y cabañas que sirvan para el compostaje. Solo desechos crudos nada cocido. El resto de comida son para los animales de la granja.

Papel y cartón: hay que disponerlos planos porque arrugados ocupan más espacio; las cajas se pueden desarmar y aplanar.

Metales, Latas: para depositar las latas limpias de hojalata o aluminio y los objetos de metal dentro del saco o recipiente.

Plásticos: los envases se pueden cortar para colocarlos uno dentro del otro y ahorrar espacio; las bolsas se pueden aplanar y doblar.

De esta manera podemos lograr diversos objetivos:

- Reconocer los desechos que generamos, su calidad y cantidad
- Manejar los desechos inorgánicos tras su adecuada separación
- Darnos cuenta que artículos son innecesarios y cuales nos pueden ser útiles y reciclables.
- Contribuir con la labor de selección que se realiza en los basureros municipales.

A) Materias primas para la industria

- ❖ Periódicos: papel para periódicos y revistas.
- ❖ Cartón: fabricación de cajas, tableros aglomerados.
- ❖ Botellas y envases plásticos: fabricación de pellets para su reutilización.
- ❖ Vidrio: fabricación de productos nuevos.
- ❖ Metal ferroso (chatarra): barras recicladas para la industria.
- ❖ Neumáticos: pavimento.
- ❖ Textiles: trapos
- ❖ Aceite: aceite refinado.
- ❖ Latas de aluminio: aluminio nuevo
- ❖ Desechos orgánicos: compost, productos químicos.
- ❖ Rechazos de incineradora: hormigón, carreteras.

B) Materias primas para la producción de energía o combustible

- ❖ Desechos orgánicos: producción de combustible.
- ❖ Neumáticos: combustible para plantas de energía.

C) Formas de reciclado

Los más comunes son dos: recolección selectiva y recolección bruta o global.

D) Recolección selectiva

Es la separación de los componentes de los desechos, para su recuperación directa. Para el éxito de este sistema se necesita, por un lado, la participación ciudadana, al tener que seleccionar en origen (domicilios) y depositar los desechos que se intentan recuperar en recipientes separados, y por otro lado, la recogida o recolección de dichos componentes deben realizarse por separado, bien en camiones compactadores distintos o en vehículos especiales de dos cámaras de compactación para reciclaje.

E) Recolección brutal o global

Es un sistema no recomendable para nuestra realidad ya que es más costoso y complicado. Se trata de una técnica a partir de los desechos brutos o globales utilizadas en la industria minera y metalúrgica, tales como la trituración, cribado y clasificación neumática, separaciones por vías húmeda, electromagnética, electrostática, ópticos y flotación por espumas para la obtención y depuración de metales y vidrios.

4.9.9 Diseño del relleno sanitario

Existen condiciones sanitarias, urbanísticas y económicas mínimas que deben cumplirse para elegir un sitio para vertedero municipal. A continuación se presenta un listado general, que no debe limitarse, ya que pueden existir otros factores.

Particulares, según cada municipio, que deben tomarse en cuenta para elegir el sitio apropiado. Por tanto, a manera de referencia, se señalan los siguientes requisitos mínimos a considerar:

- Distancia del perímetro urbano mayor de 500 metros.
- Período de traslado desde el centro urbano menor de 30 minutos.

- Condiciones naturales de protección.
- Alejado de fuentes de agua.
- Profundidad del manto freático mayor de 10 metros.
- Coeficiente bajo de permeabilidad del suelo.
- Compatibilidad con el desarrollo urbano.
- Vida útil mayor de 10 años.
- Cercanía del material de cobertura.
- Terreno de baja utilidad.

4.9.10 En los planos de diseño deberá contener

- 1) La configuración del terreno original y la delimitación del área total.
- 2) Infraestructura y construcciones auxiliares.
- 3) Obras de acceso, drenajes perimetrales y construcciones auxiliares.
- 4) El orden del proceso constructivo para orientar la operación del relleno.
- 5) Las configuraciones parciales del relleno de acuerdo a su avance, en el primer año, tercer año, etc.
- 6) La configuración del relleno, incluyendo su tratamiento paisajístico.

4.10 Soluciones alterna y complementarias al relleno sanitario.

Nicaragua cuenta desde el 2004 con la Política Nacional sobre Gestión Integral de Desechos Sólidos dicha política incentiva a dar una revalorización a los desechos. El reciclaje debe ser considerado como parte integral del manejo de los desechos sólidos, no como un fin en sí mismo, y promoverse cuando ofrece beneficios ambientales y económicos como dato “ninguno de los 153 municipios del país practica el manejo integral de los desechos ya que cumplen con alguno de los componentes por ejemplo recolección o disposición final, pero en ninguna municipalidad los desechos pasan por su revalorización, lo que es indispensable para el cumplimiento de cualquier política de manejo integral.

Hasta un 90 por ciento de los desechos en Nicaragua son orgánicos, tomando en cuenta papeles y cartones. Esto tiene sus ventajas y riesgos al mismo tiempo. Si los

desechos solamente se depositan y no es tratada, entonces empieza inmediatamente a descomponerse. Moscas, cucarachas y otras plagas de insectos se esparcen, el viento esparce estos junto con el polvo y una gran cantidad de bacterias productoras de enfermedades, así como esporas de hongos peligrosos. Si los desechos son quemados contaminan el aire con humos tóxicos y cuando llueve corren lixiviados peligrosos a las aguas subterráneas.

A través del uso del potencial de reciclaje y la construcción de sistemas de reciclaje se ahorran materia prima y energía, así se disminuye la cantidad de desechos que se tengan que depositar.

¿Cómo se puede solucionar el problema de los desechos sólidos en Nicaragua?

- Todos los actores de la sociedad deben de participar y hacer un manejo diferente: productores, consumidores, gobierno, ministerios, municipalidades, habitantes, escuelas y universidades.
- Cada Uno puede dar su aporte. Nada impedirá que se comience hoy mismo. Unas recomendaciones:
- Evitar los desechos sólidos, no dejar que se produzca, consumir amigable con el medio ambiente.
- Evitar los desechos sólidos, no dejar que se produzca, producir amigable con el medio ambiente (zonas francas).
- Separar los desechos en la fuente de origen en orgánicos y no orgánicos, en reciclables y no reciclables.
- Recolectar los desechos de forma separada, para poderlos reusar o reutilizar: residuos vegetales, orgánicos para el compostaje en los jardines caseros o en una planta de compostaje vidrios, papel y cartón, botellas plásticas, metales férricos y metales de colores para el reciclaje.
- En los pre-escolares y escuelas hay que integrar la materia de educación ambiental. La experiencia dice que los niños ayudan a sus padres a proteger el medio ambiente, en cuanto a ellos aplican en su casa lo aprendido.

CAPITULO V. DISEÑO METODOLOGICO

5.1 Selección del sitio

La geología y las características específicas del suelo del terreno son algunos de los factores más importantes a la hora de seleccionar el sitio

Se puede obtener información acerca de los posibles desplazamientos de la infiltración de agua y una eventual contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Al mismo tiempo, el estudio de suelo permite evaluar la estabilidad del terreno y la localización y calidad del banco de materiales de cobertura.

El proyecto de relleno sanitario para grandes ciudades estos estudios es indispensable, pero en pequeñas comunidades no es necesario ser demasiado riguroso.

Los estudios para localidades con población menor a 5,000 habitantes pueden considerarse solo prueba de percolación y análisis de suelo.

5.2.1 Criterios específicos

- a) La profundidad del manto freático de las aguas subterráneas deberá cumplir con lo siguiente, a partir del fondo del relleno:
- ❖ En suelo limo-arenoso 8 m. de profundidad.
 - ❖ En suelo limoso, mínimo 5 m. de profundidad.
 - ❖ En suelo arcilloso, mínimo 2m. de profundidad.

Otros criterios a considerar

- ❖ área de terreno disponible.
- ❖ impacto del procesado y recuperación de recursos.
- ❖ distancia de acarreo.
- ❖ condiciones del suelo y topografía.
- ❖ condiciones climatológicas.
- ❖ hidrología de aguas superficiales.

- ❖ condiciones geológicas e hidrogeológicas.
 - ❖ condiciones ambientales locales.
 - ❖ usos potenciales para el sitio ya llenado.
-
- b) No se permite la ubicación de relleno sanitario en suelos areno-gravoso.
 - c) El sitio propuesto debe estar a una distancia mínima de 1000 m. de las fuentes destinadas al abastecimiento de agua potable, sean aguas superficiales o pozos.
 - d) No deben existir pozos excavados a una distancia menor de 75 m. alrededor del perímetro del relleno sanitario.
 - e) La ubicación del terreno debe estar a una distancia no menor de los 1000 m. del perímetro de la ciudad o poblado.
 - f) Debe considerarse la utilización futura del terreno para integrarlo al ambiente natural una vez terminada su vida útil.
 - g) La vida útil del terreno no debe ser menor de 10 años.
 - h) El relleno sanitario no debe ubicarse a menos de 60 m. de las fallas geológicas.
 - i) El relleno sanitario no debe ubicarse en zonas inestables, como:
 - ◆ Excavaciones de túneles.
 - ◆ Zona de derrumbe.
 - ◆ Hundimientos naturales.
 - j) No se permite la ubicación de relleno sanitario en llanuras de inundación, se debe tomar como parámetro periodos de retorno de 50 años.

5.2.2 Parámetros que se debe considerar en el análisis y evaluación del sitio de estudio

Tipo de suelo: un relleno sanitario debe estar localizado de preferencia sobre un terreno cuya base sea un suelo areno-limo-arcilloso, también son adecuado los limos arcillosos y se debe evitar suelos areno-limoso (franco arenoso)

Permeabilidad del suelo: Es la mayor o menor facilidad con que la percolación del agua ocurre a través de un suelo. El coeficiente de permeabilidad (k) es un indicador de la mayor o menor dificultad con que un suelo resiste a la percolación del agua a través de sus poros

Profundidad del nivel freático: Tiene que ver con la profundidad que se localiza el nivel freático, se deben de preferir los terrenos bien drenados con el nivel freático a más de un metro de profundidad durante todo el año. Los terrenos mal drenados hay que descartarlos.

Disponibilidad de material de cobertura: Los terrenos planos que cuentan con un suelo limo-arcilloso y el nivel freático a una profundidad tal que no haya posibilidad de contaminar las aguas subterráneas por la disposición de desechos sólidos.

Por el contrario si el suelo es arenoso o el nivel freático está a poca profundidad, se debe impermeabilizar el terreno y luego acarrear el material de cobertura de otro sitio.

Las hondonadas o terrenos ondulados pueden brindar una buena posibilidad de material de cobertura, al nivelar el terreno y hacer los cortes de las laderas de las depresiones.

5.3 Estudios básicos del sitio seleccionado

5.3.1 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó con ayuda del técnico de catastro de la Alcaldía municipal de Villa El Carmen. Consistió en medir el área que asigno la Alcaldía formando una poligonal irregular con cinco puntos o puntos de intersección para realizar la poligonal se utilizó un instrumento de alta precisión (estación total)

que posee capacidad de almacenamiento de todas las informaciones resultantes de las operaciones altiplanimétricas.

Altimetría esta palabra se refiere a los trabajos necesarios para representar sobre el plano horizontal la dimensión del terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre los puntos de un terreno o construcción. Para ellos es necesario medir distancias verticales y horizontales, ya sea directa o indirectamente. A todo este procedimiento se le llama nivelación.

La nivelación puede ser simple o compuesta. La nivelación compuesta es aquella que entre cada punto de vuelta para la nivelación existen puntos intermedios a los que se les desea conocer sus cotas, presentándose esta situación cuando previamente se ha trazado una poligonal a la cual se le desea conocer su perfil.

Para el cálculo de rumbos, distancia entre punto y área de la poligonal se utilizó el programa AutoCAD 2014 con el complemento de Civil 3D 2014.

Una vez obtenida las coordenada de cada punto se agregaron en el programa google Earth para obtener la elevación de cada uno uniendo los puntos con una ruta y realizando la opción mostrar perfil se obtiene dicha elevación.

Ver Anexo B: Planos Topográfico

5.3.2 Estudio de suelo

El estudio de suelo está presente en las etapas de diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios y en la utilización de rellenos sanitarios como apoyo de estructuras livianas.

Se realizaron pruebas de suelo para conocer las característica de los suelo en el sitio de estudio del relleno sanitario en la cual, se tomaron muestras de las excavaciones existentes para determinar su clasificación y simbología por dos métodos: a). Método estándar ASTM D-2487. B). Método de AASHTO. Los ensayos

de laboratorios se realizaron en la empresa CMW, S.A un laboratorio de suelos y materiales certificado por el Ministerio de infraestructura y Transporte (MTI).

Las muestras que se tomaron son alteradas ya que no se utilizaron medios mecánicos para recuperar los materiales como el método SPT u otros métodos de extracción de muestras.

5.3.2.1 Procedimiento para realizar ensaye de granulometría

- El material retenido en el tamiz No. 4, se pasa a través de los tamices, 3", 2", 1½", 1", ¾", 3/8", No. 4 y fondo, realizando movimientos horizontales y verticales.
- Pese las fracciones retenidas en cada tamiz y anótela en el registro correspondiente.

Material menor que el tamiz No. 4

- Ponga a secar la muestra en el horno a una temperatura de 105 a 110° C por un período de tiempo de 12 a 24 horas.
- Deje enfriar la muestra a temperatura ambiente y pese la cantidad requerida para realizar el ensaye.
- Disgregue los grumos (terrones), del material con un pisón de madera para evitar el rompimiento de los granos.
- Coloque la muestra en una tara, agréguele agua y déjela remojar hasta que se puedan deshacer completamente los grumos.
- Se vacía el contenido de la tara sobre el tamiz No. 200, con cuidado y con la ayuda de agua, lave lo mejor posible el suelo para que todos los finos pasen

por el tamiz. El material que pasa a través del tamiz No. 200, se analizará por otros métodos en caso sea necesario.

- El material retenido en el tamiz No. 200 después de lavado, se coloca en una tara, lavando el tamiz con agua.
- Se seca el contenido de la tara en el horno a una temperatura de 100 – 110° C por 24 horas.
- Con el material seco en el paso anterior, se coloca el juego de tamices en orden progresivo, No. 4, No. 10, No. 40, No. 200 y al final el fondo, vaciando el material previamente pesado.
- Se agita el juego de tamices horizontalmente con movimientos de rotación y verticalmente con golpes secos de vez en cuando. El tiempo de agitación depende de la cantidad de finos de la muestra, pero por lo general no debe ser menor de 15 minutos.
- Inmediatamente realizado el paso anterior pese las fracciones retenidas en cada tamiz.

5.3.2.2 Procedimiento para realizar ensaye de Límites de Consistencia.

Los ensayos de consistencia se hacen solamente con la fracción de suelo que pasa por el tamiz No. 40.

1. Después de secada la muestra de suelo, se criba a través del tamiz No. 40 desechándose el que quede retenido.
2. Antes de utilizar la “Copa de Casagrande”, debe ser ajustada (calibrada), para que la copa tenga una altura de caída de 1 cm., exactamente.

3. Del material que pasó por el tamiz No. 40 se toman aproximadamente unos 100 gramos se colocan en una cápsula de porcelana y con una espátula se hace una mezcla pastosa, homogénea y de consistencia suave agregándole una pequeña cantidad de agua durante el mezclado.

4. Parte de esta mezcla se coloca con la espátula en la copa de Casagrande formando una torta alisada de un espesor de un (1) cm., en la parte de máxima profundidad. Una altura menor aumenta el valor del límite líquido.

5. El suelo colocado en la “Copa de Casagrande” se divide en la parte media en dos porciones utilizando para ello un ranurador, de manera que permanezca perpendicular a la superficie inferior a la copa.

6. Después de asegurarse de que la copa y la base están limpias y secas, se da vuelta a la manija del “Aparato de Casagrande”, uniformemente a razón de 2 golpes por segundo, contando el número de golpes requeridos hasta que se cierre el fondo de la ranura en una distancia de 1 cm. Si la ranura se cierra antes de los 10 golpes, se saca el material se vuelve a mezclar y se repiten los pasos 4, 5 y 6.

7. Después que el suelo se ha unido en la parte inferior de la ranura, se toman aproximadamente unos 10 gramos del suelo; se anota su peso húmedo, el No. de golpes obtenidos y se determina el peso seco.

8. Repita los pasos 2, 4, 5, 6 y 7; con el propósito de obtener puntos menores de 25 golpes y mayores de 25 golpes.

9. Determine el porcentaje de humedad correspondiente a cada número de golpes.

10. El límite líquido define cuando el contenido de agua en la curva de fluidez corresponda a 25 golpes.

5.3.2.3 Procedimiento para realizar ensaye de Límite Plástico

1. Se toma aproximadamente la mitad de la muestra que se usó en límite líquido, procurando que tenga una humedad uniforme cercana a la humedad óptima, amáselo con la mano y ruédelo sobre una superficie limpia y lisa, como una hoja de papel o un vidrio hasta formar un cilindro de 3 mm, de diámetro y de 15 a 20 cm de largo.
2. Se amasa la tira y se vuelve a rodar, repitiendo la operación tantas veces como se necesite para reducir, gradualmente, la humedad por evaporación, hasta que el cilindro se empiece a endurecer.
3. El límite plástico se alcanza cuando el cilindro se agrieta al ser reducido a 3mm de diámetro.
4. Inmediatamente se divide en proporciones y se ponen los pedazos en dos taras.
5. Se pesan en la balanza de 0.01 gr., y se registra su peso.
6. Se introduce la muestra en el horno por un período aproximado de 24 horas y se determina su peso seco.
7. Con los datos anteriores se calcula el contenido de agua en porcentaje. Si la diferencia de los dos % no es mayor que 2% se promedian y en caso contrario se repite el ensaye.
8. El promedio es el valor en porcentaje del Límite Plástico.

5.3.2.4 Clasificación y simbología de la muestra del stock.

Una vez obtenida el tamaño de sus granos y su plasticidad podemos clasificar los suelos por el método estándar ASTM D-2487y Método de AASHTO.

Las muestras tomada del stock clasifican como una **Arena Limosa “SM”** estos suelos poseen una porción fina por el por el orden de 34% con 54% de arenas de grano fino a medio y 12% de gravas no mayor 1”.

Por el método AASHTO estos suelos clasifican como A-2-7, Arena limoso.

Ver Anexo C. Resultados de ensayos de laboratorio (Granulometría y Límite de Consistencia).

5.3.2.5 Procedimiento para realizar ensaye Método Proctor.

Se obtiene por cuarteo una muestra representativa, previamente secada al sol y que según el método a usarse puede ser de 3, 7, 5 y 12 kilogramos, en este caso se usó el método A de 3 kg.

1. De la muestra ya preparada se esparce agua en cantidad tal que la humedad resulte un poco menor del 10% y si el material es arenoso es conveniente ponerle una humedad menor.
2. Se revuelve completamente el material tratando que el agua agregada se distribuya uniformemente.
3. Pese el molde cilíndrico y anote su peso.
4. La muestra preparada se coloca en el molde cilíndrico en tres (3) capas, llenándose en cada capa aproximadamente 1/3 de su altura y se compacta cada capa de la forma siguiente:

Se coloca el pistón de compactar con su guía, dentro del molde; se eleva el pistón hasta que alcance la parte superior y se suelta permitiendo que tenga una caída

libre de 30 cm, se cambia de posición la guía, se levanta y se deja caer nuevamente el pistón. Se repite el procedimiento cambiando de lugar la guía de manera que con 25 golpes se cubra la superficie. Esta operación de compactación se repite en las tres capas del material.

5. Al terminar la compactación de las tres capas, se quita la extensión y con la regla metálica se enraza la muestra al nivel superior del cilindro.

6. Se limpia exteriormente el cilindro y se pesa con la muestra compactada anotando su peso. (Peso del material + cilindro).

7. Con ayuda del extractor de muestra se saca el material del molde y de la parte central del espécimen se toman aproximadamente 100 gr., y se pesa en la balanza de 0.1 gr., se sensibiliza anotando su peso. (Peso húmedo).

8. Deposite el material en el horno a una temperatura de 100 a 110° C por un período de 24 horas, transcurrido este período determínese el peso seco del material.

9. El material sacado del cilindro se desmenuza y se le agrega agua hasta obtener un contenido de humedad del 4 al 8% mayor al anterior.

10. Repita los pasos del 2 al 9 hasta obtener un número de resultados que permitan trazar una curva cuya cúspide corresponderá a la máxima densidad para una humedad óptima.

11. El cálculo se realiza de la siguiente manera:

Determinación de la densidad de la muestra humedad.

$$Y_h = W_m / V_c = (W_{mpc} - W_{pc}) / (V_{pc}).$$

Determinación de la densidad seca.

$$Y_d = (Y_h / 1 + w).$$

Determinación de Humedad.

$$W = (W_{mh} - W_{ms}) / (W_{ms}) * 100.$$

Simbología:

Y_h: peso volumétrico húmedo.

Wm: peso de la muestra compactada.

Vc: volumen del cilindro.

Wmpc: peso de la muestra compacta + peso del cilindro.

Wpc: peso del molde del cilindro.

Vpc: volumen del cilindro.

Yd: Peso volumétrico seco.

Wmh: peso de la muestra humedad.

Wms: Peso de la muestra seca.

Estos suelos tomados del stock al realizarle la prueba del proctor obtuvimos densidades por el orden de 1450 kg/m^3 y una humedad óptima de 25%.

Ver Anexo C-1. Resultados de ensayos de laboratorio (Método proctor).

5.3.2.5 Procedimiento para realizar ensaye CBR.

1. Preparar aproximadamente 4.5 Kg. de suelo de grano fino menor que el tamiz N.4 ó 5.5 Kg de material con partículas menores de 19 mm (3/4"). Esta muestra debe de estar seca y los terrones se deben de disgregar evitando reducir el tamaño natural de las partículas.

2.- Pesar el molde sin su base y la extensión o collarín.

3.- Ajustar el molde a la base, insertar el disco espaciador (fondo falso), en el molde y cubrirlo con un disco de papel filtro.

4.- Compactar el suelo de acuerdo con la norma ASTM D 698 ó D 1557 método B o D, para el suelo utilizado de acuerdo con lo especificado por el instructor. Tomar una muestra representativa para determinar el contenido de humedad.

5.- Retirar el collarín y enrasar la muestra suavemente hasta nivelarla, llenar con suelos finos los pequeños huecos que se hayan podido formar en la operación anterior de nivelación de la muestra.

6.- Retirar la base y el disco espaciador, pesar el molde con el suelo compactado y determinar el peso unitario total del suelo. Nota este procedimiento es para determinar el CBR al 90 y 95% de compactación. Si se deseara realizar a distintos porcentajes de compactación se utilizaran números de golpes de 16 y 36 para cada muestra.

Determinación de las propiedades expansivas del suelo

7.- Sobre la placa base perforada se coloca un disco de papel filtro, se ajusta el molde con el suelo compactado en forma invertida, de manera que el espacio formado por el disco espaciador quede en la parte superior.

8.- En la superficie libre de la muestra, se coloca un disco de papel filtro y sobre este se coloca la placa metálica perforada provista de un vástago regulable. Sobre esta placa se colocará las sobre pesas cuyo número deberá ser especificado o de lo contrario se usará sobrecarga mínima de 4.54 kg.

9.- A continuación se coloca todo el conjunto dentro de un recipiente. Se monta el trípode y se instala el deformímetro de manera que su punta quede tocando al vástago.

10.- Se llena de agua el recipiente de forma que el agua tenga acceso tanto a la parte superior como a la parte inferior de la muestra y tomar la lectura inicial (Li) en el deformímetro. Tomar lecturas a las 96 horas de tiempo transcurrido.

11.- Registrada la lectura final en el deformímetro (Lf), se retira el trípode y se saca el molde del agua, para dejarlo drenar durante quince minutos.

12.-Se lleva la muestra a la máquina de ensaye y se colocan sobre ella una cantidad de pesas para reproducir una sobrecarga igual a la que supuestamente ejercerá el material de base y pavimento del camino proyectado.

13.- Se coloca el pistón de penetración hasta que haga contacto con la muestra. Se la aplica una carga inicial de 4.5 kg. Después de aplicada la carga inicial se ajustan el deformímetro de carga y el deformímetro de penetración a cero.

14.- Se anotan las lecturas de carga a los siguientes niveles de penetración.

Para el cálculo del CBR se utilizaron las siguientes formulas.

$$\sigma = (P / A). \text{ Lb / Pulg.}$$

$$\text{CBR} = (\sigma_m / 1000) \times 100.$$

5.3.2.6 Procedimiento para la realización de prueba de infiltración de los suelos.

1. Primero se realizó una excavación uniforme de dimensiones de 30x30 cm. en el fondo de la excavación ya existente.
2. Una vez hecha la excavación se coloca una capa delgada de piedrín de tamaño $\frac{3}{4}$ ".
3. Una vez hecho el anterior procedimiento se realiza la saturación de la excavación durante una hora.
4. Después de una hora de saturación colocamos una regla milimetrada para tomar las lecturas.
5. Medir el agua que se va introduciendo en la excavación y tomando las lecturas y el tiempo en que se consume dicha agua.
6. Realizar este procedimiento hasta que el consumo de agua sea mínimo.

7. Una vez terminada la prueba se toma una muestra del suelo de la excavación realizada para su respectiva clasificación.

5.4 Estudio Socioeconómico

El estudio socioeconómico se realizó con el objetivo de conocer las características y condición de vida de la población para así seleccionar las viviendas y obtener una muestra representativa de los diferentes tipos de desechos sólidos que generan en cada vivienda, para así determinar la producción perca pite.

5.5 Caracterización de los desechos sólidos

Esta caracterización se realizó seleccionando de manera aleatoria las viviendas a muestrear, con ayuda del plano catastral de la localidad o el padrón de usuario del servicio y se definió de manera coordinada con los funcionarios municipales, el lugar donde se llevara a cabo el trabajo de la caracterización y a si mismo se determinó la producción perca pita el cual expone una recolección de desechos sólidos de una semana el cual se llevara un control de pesos en kg o lb para determinar al fin de la semana la producción perca pita, dicho estudio se realizó en una muestra de 40 viviendas. Dicho datos posteriormente fue utilizado para el dimensionamiento de las celdas así como conocer los volúmenes de desechos que se generara para 20 años.

Procedimientos para realizar la caracterización de los desechos sólidos

1. Se selecciona las viviendas para recolectar la muestra, esto en base a estratos económicos (nivel bajo, nivel medio y nivel alto), que sea representativo de la localidad.
2. Una muestra representativa puede ser la carga de un camión.
3. En un sitio con suficiente área, se mezclan los desechos, y se divide en cuatro la muestra (método del cuarteo), se toma un cuarto el resto se

desecha, luego este cuarto se mezcla nuevamente, se divide en cuatro, se toma un cuarto hasta tener una muestra aproximadamente de 90 kg.

4. De la muestra se separan cada uno de los componentes, telas, maderas, vidrio, papel, etc. Y se expresan en porcentajes.
5. La muestra se debe tomar durante 6 días, de lunes a sábado.

Para realizar la separación de todos estos desechos, se utilizara el método de cuarteo para clasificar los desechos y así determinar el porcentaje que se depositara en el relleno sanitario y la cantidad que será reciclada.

Para determinar la generación per cápita de los residuos sólidos provenientes de casas habitación como en otro tipo de fuentes, excepto las industriales, se ha de emplear la NTON 05 014-02. Así mismo, se podrán aplicar programas intensivos de taras y pesajes para conocer los tonelajes de desechos sólidos que se generan de fuentes no domésticas. Dentro de la norma se hace aclaración que se parte de un muestreo estadístico aleatorio, utilizando un muestreo descrito en el método de cuarteo (NOM-AA-15-1985) El procedimiento de campo es el siguiente:

1. Información obtenida de un muestreo estadístico aleatorio en campo, con duración de 7 días para cada uno de los estratos socioeconómicos de la población.
2. Selección de nivel de confianza con que se realiza el muestreo con base en: conocimiento de la localidad, calidad técnica del personal participante, facilidad para realizar el muestreo, características de la localidad de muestrear, etc.

Para la generación y caracterización de los desechos se hizo un muestreo utilizando el método de cuarteo.

Para realizar este trabajo de caracterización en la Ciudad de Villa el Carmen y sus comunidades, estas se dividieron en tres sectores:

Sector 1: Ciudad de Villa el Carmen.

Sector 2: Comunidad Samaria.

Sector 3: Comunidad Los Cedros.

Los resultados de la caracterización se encuentran en el **Anexo D**.

5.5.1. Proceso de caracterización de los desechos sólidos de la ciudad de Villa El Carmen

1. Recorrido según micro ruteo para la recolección de muestras en 3 sectores (Villa El Carmen, Samaria y Los Cedros) para la caracterización de los desechos sólidos, durante 6 días consecutivos.
2. Pesaje y registro de muestras individuales de 3 sectores durante 6 días consecutivos.
3. Se procedió a limpiar con rastrillo y pala el área donde se realizó la caracterización.
4. Regado de los desechos sólidos de forma circular.
5. Aplicación del sistema de cuarteo para la caracterización.
6. Eliminación de dos extremos del proceso del cuarteo.
7. Separación de los tipos de desechos recolectados.
8. Una vez separado cada uno de estos desechos se procedió a pesar.
9. Limpieza del área utilizada para la caracterización.
10. Sumatoria de pesos por tipo de desecho.
11. Llenado de formato.

5.5.2. Pesaje y registro de 40 muestras individuales de 3 sectores

Para el inicio de este proceso se descargan todas las muestras recolectadas, las cuales están identificadas por sectores, posteriormente se pesan individualmente llevando el registro de cada una, este mismo proceso se realizó durante 6 días consecutivo de caracterización.

5.5.3. Regado de los desechos sólidos de forma circular

Una vez homogenizada el volumen total de los desechos sólidos recolectados por día, se extiende de forma circular con espesor aproximado de 20 cm.

5.5.4. Aplicación del sistema de cuarteo para la caracterización

Teniendo la muestra extendida de forma circular, homogenizada y con un espesor aproximado de 20 cm., se inicia el proceso de cuarteo (división de la muestra en cuatro partes iguales), este proceso se repite hasta obtener el tamaño de la muestra manejable o aproximadamente 90 kg.

5.5.5. Eliminación de dos extremos del proceso del cuarteo

Teniendo dividida en cuatro partes la muestra, se seleccionan dos extremos para eliminarse el 50% de la muestra. Estos se eliminan porque la muestra no presenta el volumen manejable. Con los extremos restantes nuevamente se mezclan y se repite el proceso de cuarteo, separándose dos extremos nuevamente y se eliminan, hasta obtener un 25% de la muestra original, la cual se vuelve manejable.

5.5.6. Separación por fracción de los desechos sólidos de la muestra seleccionada

Una vez vaciada la muestra, se inició el proceso de selección de los diferentes tipos de desechos sólidos (plástico, papel y cartón, resto de comida, resto de jardinería, vidrio, metales, etc.).

5.5.7. Pesaje y registro de las fracciones caracterizada de la muestra manejable

Una vez separado los tipos de desechos, se pesa y registran los datos obtenidos. El peso total de las fracciones sumará el 100% del volumen de la muestra seleccionada, este proceso se realizó durante los 6 días de caracterización.

5.5.8 Cálculo del volumen necesario para un relleno sanitario

Los requerimientos de espacio del relleno sanitario están en función de:

- La producción total de Residuo Sólido Municipal
- La cobertura de recolección (Ideal 100%)

- La densidad de los RSM en el Relleno Sanitario Manual
- La cantidad de material de cobertura (20 – 25%) del volumen compactado de RSM

5.6 Diseño de recolección (Macro y micro ruteo)

Diseño de recolección de los desechos sólidos

- ❖ Es responsabilidad de la municipalidad realizar la actividad de recolección, retirar todos los desechos que entreguen los usuarios del servicio ordinario o regular, de acuerdo con lo estipulado con este tipo de servicio siempre que la presentación se realice de conformidad con lo dispuesto en el capítulo 7 y 8 de la presente normativa NTON 05 014-02.
- ❖ Si durante el proceso de recolección y transporte de los desechos son esparcidos por la municipalidad, es obligación de los operarios de proceder inmediato a recolectarlas.
- ❖ Es obligación de todo dueño del lote del terreno baldío, mantenerlo cercado, libre de malezas y basuras instalando rótulos dentro del terreno alusivos a no botar basura. La municipalidad es responsable de hacer cumplir esta disposición.
- ❖ La recolección de los desechos sólidos no peligrosos podrá ser: recolección ordinaria o regular, recolección extraordinaria y recolección especial.
- ❖ La municipalidad planificará la actividad de recolección de los desechos tanto de servicio ordinario como de servicio extraordinario, definiendo rutas y horarios así como la debida comunicación a toda la población.

- ❖ El servicio de recolección ordinaria y extraordinaria se realizara de acuerdo a lo planificado en cuanto a la cantidad de desechos recolectados, frecuencia de recolección, espacio físico cubierto, equipos disponibles y otros componentes a considerar en la planificación.
- ❖ El servicio de recolección especial se realizara de acuerdo a las necesidades prevalecientes en el caso de eventualidades naturales u otras no planificadas.
- ❖ La recolección de los desechos dispuestos puerta a puerta de las viviendas debe cumplir con lo siguiente:
 - a) Los recipientes deben colocarse al frente de las viviendas, de acuerdo al horario establecido, antes que los vehículos recolectores pasen por estos sitios.
 - b) El sistema debe ser implementado en la ciudad o barrios, con infraestructura bien definida donde el equipo pueda realizar esta actividad.
 - c) En caso de que se usen recipientes retornables los recolectores deben disponerlos después de vaciarlos en los mismos sitios donde se recolectaron los desechos.
 - d) La alcaldía debe establecer horarios y rutas (por zonas o barrios) de acuerdo a las características propias de cada barrio, información que se debe dar a los usuarios de este servicio.

Los desechos de mercado municipales deben ser recolectados diariamente.

Recolección y transporte

El servicio de recolección se brinda en la Ciudad de Villa El Carmen y sus comunidades con mayor población, dicho servicio es brindado por la Alcaldía de poder ciudadano gratuitamente.

La frecuencia en los sectores es de dos veces por semana en Villa El Carmen los días de recolección son: Lunes y Miércoles y en Los Cedros los días Martes y Viernes ya que son las comunidades con mayor producción de desechos sólidos y

un día por semana en Samaria (Jueves), ya que esta comunidad tiene poca producción de desechos sólidos.

El número de viviendas atendidas en los tres sectores investigados se muestran a continuación:

Villa El Carmen 879 viviendas.

Los Cedros 1200 viviendas.

Samaria 100 viviendas.

Para un total de 2179 usuarios.

Rutas de recolección

La Alcaldía del poder ciudadano de la Ciudad de Villa El Carmen ha creado las rutas de recolección de desechos sólidos la siguiente manera:

La Ciudad de Villa El Carmen: Comprende 3 sectores distribuidas de la siguiente forma:

- **Sector No. 1:** Sector urbano de Villa El Carmen es de media densidad poblacional que corresponde al centro de la ciudad, los días de recolección establecidos para cumplir la demanda de la población es de 2 días a la semana y dos viaje por día, este corresponde a los día lunes y miércoles en horario de 6 a.m. a 12 p.m. con un camión Freighliner cuya capacidad es de 7 m³. esto indica que solo este sector produce semanalmente 28 m³ de desechos sólidos que en su mayoría son desperdicio de comida esto investigado e n la caracterización.
- **Sector No. 2:** Corresponde a la recolección de desechos sólidos de la comunidad de Samaria, esta es de densidad baja por la poca población y pobreza de sus habitantes es por eso que solo se requiere un día por semana este establecido por la alcaldía el día jueves pasa el camión recolector de desechos sólidos dicho camión realiza un viaje al día esto indica que esta comunidad produce 7 m³ de desechos semanal que en su mayoría son desperdicio de jardinería.
- **Sector No. 3:** Este sector comprende la comunidad los cedros con la mayor densidad poblacional, el camión freighliner recorre 12 km. Para realizar la recolección de todos los desechos producidos por dicha comunidad este realiza tres viajes por día dos viajes con la capacidad máxima del camión de 7 m³ y el otro a media capacidad dos día a la semana este comprende los

día martes y viernes, esto indica que produce semanalmente 35 m³ de desechos.

El Servicio de recolección que brinda la Alcaldía municipal para la recolección de desechos sólidos:

Vehículo	Capacidad (m³)	Estado
Freightliner	7 m ³	Buen Estado

Para evitar que los desechos sólidos se descompongan o sean esparcidos en las calles recomendamos que para cada sector se aumente la frecuencia de viajes de la siguiente manera:

Sector No. 1 comprende la ciudad de Villa El Carmen este sector produce gran cantidad de desechos de comida y para evitar la descomposición y produzca malos olores se propone que el camión recolector pase como mínimo tres por semanas los días Lunes, Miércoles y Viernes.

Sector No. 2 Samaria esta comunidad produce la mayor cantidad de desechos que son desperdicio de jardinería es por eso que solo se requiere dos días por semana son: martes y viernes.

Sector No. 3 Los Cedros es la comunidad con mayor población es por eso que produce la mayor cantidad de desechos sólidos por lo tanto se requiere que el camión recolector pase tres veces por semana que son los días martes, jueves y sábado. ,

5.7 Evaluación ambiental del relleno sanitario⁸

La evaluación de impactos ambiental puede definirse como la identificación y valoración de los impactos (efectos) potenciales de proyectos, planes, programas o acciones normativas relativo a los componentes físico-químicos, culturales y socioeconómicos del entorno.

⁸ Manual de evaluación de Impacto Ambiental Larry W. Canter.

En una de las etapas o actividad más importante es la identificación cualitativa de los impactos previsto pueden ayudar en el enfoque de las etapas posteriores en la descripción del medio afectado y en los cálculos de los impactos subsiguientes. Esta etapa incluiría la consideración de los impactos genéricos relativos al tipo de proyecto que está haciendo analizado. En este sentido existe una amplia de información pública que se generó durante las pasadas dos décadas que permite a los planificadores de los estudios de impactos e identificar más fácilmente los impactos previsto como directos, indirectos y finales.

La actividad más difícil de predicción del impacto se refiere básicamente a la cuantificación donde sea posible o al menos la descripción cualitativa de los impactos previstos del proyecto propuesto sobre varios factores ambientales. Dependiendo del impacto particular, se podría requerir modelos matemáticos o otros planteamientos incluyendo la realización de ensayos de laboratorios, como son los ensayos del lixiviado del material drenado de los desechos sólidos o peligrosos. Por último se puede considerar el uso de los métodos de clasificación ambiental u otras técnicas sistemáticas de la evaluación relativa de los impactos previsto.

Impactos directos:

- ❖ Emisiones a la atmosfera.
- ❖ Efluentes flotantes.
- ❖ Desechos sólidos.
- ❖ Ruidos.
- ❖ Trastorno, interrupción y molestia.
- ❖ Destrucción de la estética.
- ❖ Cambios del uso de suelo.
- ❖ Efectos económicos.

Impactos indirectos:

- ❖ Entorno medio ambiental (atmosfera, agua y suelo).
- ❖ Infraestructura (suministro de agua, transporte-tráfico, energía eléctrica, salud pública y servicio de seguridad).
- ❖ Habitación humana (urbano, periférico y rural).

Finales:

- ❖ Sistema ecológico (hábitat)
- ❖ Salud y seguridad humana (exposición y epidemiología)
- ❖ Estándar de vida (empleo, ingresos y servicios)

5.7.1 Medidas de mitigación para reducir los impactos ambientales negativos**Olores:**

- Utilización de pantallas vegetales, (árboles, arbustos).
- Tratamiento de los líquidos percolados.
- Quema del biogás cuando hay metano suficiente.

Ruidos:

- Pantallas vegetales.
- Utilizar equipos de baja emisión de ruidos.

Alteración del suelo:

- Adecuada impermeabilización del Relleno Sanitario, para evitar filtraciones.
- Vegetación para evitar erosión y rellenamiento para evitar nivelar zonas con asentamiento diferencial o pendientes fuertes.

Diseminación de materiales:

- Configurar barreras para evitar que el viento incida sobre el frente de trabajo.
- Utilizar mallas interceptoras.
- Desprender residuos de camiones antes que abandonen el relleno.

Material particulado:

- Riego de camino y de la tierra acumulada para el recubrimiento.
- Pantallas vegetales en el perímetro del relleno.

Control de vectores:

- Mantener aislado sanitariamente el recinto mediante la formación de un cordón sanitario que impida la infestación del relleno por roedores y el paso de especies animales desde y hacia el recinto.
- Realizar fumigaciones y desratizaciones como mínimo, cada 6 meses. Los elementos químicos que se empleen en esta actividad, deben estar acordes con la legislación.

Incremento movimiento vehicular:

- Tratar de que la recolección se haga en horas diferidas.
- En caso de vehículos de estaciones de transferencia tratar que estos lleguen en forma secuencial.

Líquidos percolados:

- Almacenamiento en depósitos cerrados.
- Recirculación.
- Tratamiento físico químico y/o biológico.

Biogás:

- Extracción con fines de utilización.
- Quema controlada.

A continuación se presentan la ley 217 (Ley general del Ambiente) estableciendo los artículos que puedan aplicarse para los desechos sólidos.

7.7.2 Permisos y Evaluación de Impacto ambiental

Arto. 25 Los Proyecto, obras, industrias o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro al ambiente o a los recursos naturales, deberán obtener, previo a su ejecución, el Permiso ambiental otorgado por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales. El Reglamento establecerá la lista específica. Los que no contemplare la lista específica, estarán obligados a presentar

a la Municipalidad correspondiente el formulario ambiental que el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales establezca como requisito para el permiso respectivo.

Arto. 26 Las actividades, obras o proyectos públicos o privados de inversión nacional o extranjera, durante su fase de preinversión, ejecución, ampliación, rehabilitación o reconversión, quedarán sujetos a la realización de estudios y evaluaciones de Impacto Ambiental, como requisito para el otorgamiento del Permiso Ambiental. Aquellos que no cumplan con las exigencias, recomendaciones o controles que se fijen serán sancionados por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales. El costo del estudio del impacto ambiental estará a cargo del interesado en desarrollar la obra o proyecto.

Arto. 27 El sistema de permisos y Evaluación de Impacto Ambiental será administrado por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, en coordinación con las instituciones que corresponda, y estará obligada a consultar el estudio con los organismos sectoriales competentes así como los Gobiernos Municipales. En el caso de las Regiones Autónomas de la Costa Atlántica el sistema será administrado por el Consejo Regional respectivo, y en su caso con la autoridad que administra o autoriza la actividad, obra o proyecto en base a las disposiciones reglamentarias, respetándose la participación ciudadana y garantizándose la difusión correspondiente.

Arto. 28 En los Permisos Ambientales se incluirán todas las obligaciones del propietario del proyecto o institución responsable del mismo estableciendo la forma de seguimiento y cumplimiento del Permiso obtenido.

Arto.29 El permiso obliga a quien se le otorga:

- 1) Mantener los controles y recomendaciones establecidas para la ejecución o realización de la actividad.

2) Asumir las responsabilidades administrativas, civiles y penales de los daños que se causaren al ambiente.

3) Observar las disposiciones establecidas en las normas y reglamentos especiales vigentes.

Arto. 30. El Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales en base a la clasificación de las obras de inversión y el dimensionamiento de las mismas, emitirá las normas técnicas. Disposiciones y guías metodológicas necesarias para la elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental.

7.7.3 (Normas) Calidad Ambiental

Arto. 109. Todos los habitantes tienen derecho a disfrutar de un ambiente sano, de los paisajes naturales y urbanos y el deber de contribuir a su preservación. El Estado tiene el deber de garantizar la prevención de los factores ambientales adversos, que afecten la salud y la calidad de vida de la población, estableciendo las medidas o normas correspondientes.

Arto. 111. El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales en coordinación con las instituciones del Estado, Gobiernos Autónomos y alcaldías:

1). Orientará el monitoreo y el control de las fuentes fijas y móviles de contaminación, los contaminantes y la calidad de los ecosistemas.

2) Emitirá estándares y normas de calidad de los ecosistemas, los cuales servirán como pautas para la formación y la gestión ambiental.

3). Emitirá normas de tecnologías, procesos, tratamiento y estándares de emisión, vertidos, así como de desechos y ruidos.

4). Emitirá normas sobre la ubicación de actividades contaminantes o riesgosas y sobre las zonas de influencia de las mismas.

Arto. 113. Se prohíbe el vertimiento directo de sustancias o desechos contaminantes en suelos, ríos, lagos, lagunas y cualquier otro curso de agua. El Ministerio de Salud en coordinación con el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, dictará las normas para la disposición, desecho o eliminación de las sustancias, materiales y productos o sus recipientes, que por su naturaleza tóxica puedan contaminar el suelo, el subsuelo, los acuíferos o las aguas superficiales.

7.7.4 De la contaminación de la Atmosferas, Agua y Suelo

Arto.121. Las actividades que afecten a la salud por su olor, ruido o falta de higiene serán normados y regulados por el Ministerio de Salud.

Arto. 125. El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales como autoridad competente determinará, en consulta con los sectores involucrados, el destino de las aguas residuales, las características de los cuerpos receptores y el tratamiento previo, así como las concentraciones y cantidades permisibles.

Arto. 126. Será prohibido ubicar en zonas de abastecimiento de agua potable, instalaciones cuyos residuales aún tratados provoquen contaminación de orden físico, químico, orgánico, térmico, radioactivo o de cualquier otra naturaleza o presenten riesgos potenciales de contaminación.

Arto. 127. Las aguas servidas podrán ser utilizadas solamente después de haber sido sometidas a procesos de depuración y previa autorización del Ministerio de Salud.

7.7.5 Desechos Sólidos No Peligrosos

Arto. 129 Las alcaldías operarán sistemas de recolección, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos del municipio, observando las normas

oficiales emitidas por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales y el Ministerio de Salud, para la protección del ambiente y la salud.

Arto. 130 El Estado fomentará y estimulará el reciclaje de desechos domésticos y comerciales para su industrialización, mediante los procedimientos técnicos y sanitarios que aprueben las autoridades competentes.

7.7.6 Desechos Sólidos Peligrosos

Arto. 131 Toda persona que maneje residuos peligrosos está obligada a tener conocimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas de estas sustancias.

Arto. 132 Se prohíbe importar residuos tóxicos de acuerdo a la clasificación de la autoridad competente, así como la utilización del territorio nacional como tránsito de los mismos.

Arto. 133 El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, podrá autorizar la exportación de residuos tóxicos cuando no existiese procedimiento adecuado en Nicaragua para la desactivación o eliminación de los mismos, para ello se requerirá de previo el consentimiento expreso del país receptor para eliminarlos en su territorio.

5.8 Condiciones hidrogeológicas

Las condiciones hidrogeológicas son los factores más importantes en el establecimiento de la adecuabilidad ambiental del área para un sitio de relleno sanitario. Se necesitan datos sobre estos factores para evaluar el potencial de polución del sitio propuesto y establecer que se debe hacer al sitio para asegurar que el movimiento de lixiviado o los gases del relleno no desmejoraran el agua subterránea o contaminaran otros acuíferos subsuperficiales o de lecho rocoso.

Para las aguas superficiales y producción de lixiviado se diseñaran canales perimetrales para evitar se introduzcan en las aguas subterráneas.

5.9. Drenaje de gases

- Un relleno Sanitario no es más que un digestor anaeróbico en el que, debido a la descomposición natural putrefacción de los residuos sólidos, no solo se producen líquidos, sino también gases y otros compuestos. La descomposición natural o putrefacción de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, ocurre en dos etapas: aerobia y anaerobia.
- La aerobia es la etapa en la que el oxígeno está presente en el aire contenido en los intrínsecos de la masa en los residuos enterrados, siendo rápidamente consumidos.
- La anaerobia, en cambio, es la que predomina en el Relleno Sanitario y produce cantidades apreciables de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), así como trazas de gases de olor repugnante como ácido sulfhídrico (H_2S), amoníaco (NH_3) y mercaptanos.
- El gas metano reviste el mayor interés porque, a pesar de ser inodoro, es inflamable y explosivo si se concentra en el aire en una porción de de 5 a 15% en volumen; los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno; aprovechan cualquier fisura del terreno o permeabilidad de la cubierta para salir, pudiendo originar altas concentraciones de metano con el consiguiente peligro de explosión en las áreas vecinas. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo un adecuado control de la generación y migración de estos gases.
- Este control se puede lograr, construyendo un sistema de drenaje vertical en piedra, colocado en diferentes puntos del relleno sanitario, para que estos sean evacuados a la atmosfera. Como el gas metano es combustible, se puede quemar simplemente encendiendo fuego en la salida del drenaje, una vez concluido el relleno sanitario.

- También se puede aprovechar este gas como energía en el empleo de una pequeña cocina para calentar alimentos o como lámpara para iluminar el terreno. Es de notar que la recuperación y aprovechamiento del gas metano con propósitos comerciales, solo se recomienda para rellenos sanitarios que reciban más de 200 ton/día, y siempre que las condiciones locales así lo ameriten.

Las chimeneas de gases serán construidas con tubos de PVC, SDR 41, de 10" de diámetro, perforado en toda su periferia y longitud con orificios de 3/4" de diámetro separados entre sí por una distancia de 15 cm. En este caso se recomienda hacerlas con cuarterones de madera 3"x 2" y malla con piedra de bolón de río el diámetro de esta no deberá ser mayor a 0.30 y 0.50.

Estas chimeneas se construyen verticalmente a medida que avanza el relleno procurando que su entorno este bien compactado. Se recomienda que cada uno tenga un diámetro de 0.30 a 0.50 m. y que sean instaladas cada 20 o 50 m. según el criterio técnico.

En este caso se considera la separación entre chimeneas de 50 m. y deberá compactarse alrededor de ella para evitar rupturas.

La elevación de las chimeneas sobre el acabado final del Relleno Sanitario no deberá ser menor de 20 cm. terminando la tubería con dos codos que den al extremo la forma de U invertida. En la boca de la tubería deberá de colocarse una malla que evite la introducción de insectos y roedores.

5.10 Lixiviado generado en un relleno sanitario

El lixiviado generado en un relleno sanitario es producto de múltiples factores, tales como: composición de los desechos sólidos, edad del relleno, balance de agua, diseño y operación del relleno sanitario, solubilidad de los desechos, procesos de

conversión microbiológica y química y la interacción del lixiviado con el medio ambiente. El caudal generado varía de acuerdo con el estado de avance y el tipo de operación del relleno, y la composición también varía en el tiempo los desechos, especialmente los orgánicos, al ser compactados por maquinaria pesada liberan agua y líquidos orgánicos, contenido en su interior, el que escurre preferencialmente hacia la base de la zanja. Los desechos, que actúa en cierta medida como una esponja, recuperan lentamente parte de estos líquidos al cesar la presión de la maquinaria, pero parte del permanecer en la base de la zanja. Por otra parte, la descomposición anaeróbica rápidamente comienza actuar en un relleno sanitario, produciendo cambios en la materia orgánica, primero de sólidos a líquidos y luego de líquido a gas, pero es la fase de licuefacción la que ayuda a incrementar el contenido de líquido en el relleno, y a la vez su potencial contaminante. En ese momento se puede considerar que los desechos sólidos están completamente saturados y cualquier agua, ya sea subterránea o superficial que se infiltre en el relleno, lixiviara a través de los desechos arrastrando consigo sólidos en suspensión y compuestos orgánicos en solución. Esta mezcla heterogénea, de un elevado potencial contaminante, es lo que se denomina lixiviados o líquidos percollados.

- ❖ Para cumplir con las normas vigentes en todo el territorio nacional, respecto a la descarga de desechos líquidos, la municipalidad deberá contar con un sistema de tratamiento de lixiviados en los casos que lo ameriten, antes de ser descargado de su disposición final.
- ❖ No se permite la descarga de lixiviados en el suelo y en cuerpos de agua, sin tratamiento previo.
- ❖ Los métodos de tratamiento a emplearse dependerá de la cantidad de lixiviados generado y la composición de esto, áreas disponibles capacidad económica de la municipalidad, personal capacitado para la operación y mantenimiento disponible en la región.

- ❖ Cualquiera que sea el sistema de tratamiento a emplearse a los lixiviados debe considerar lo siguiente:
 - a) Característica del suelo y subsuelo, nivel freático y zona de expansión futura.
 - b) Características de la descarga de lixiviados. Población y actividades situadas aguas abajo y su distancia aproximada al sitio de descarga.
 - c) Si la descarga se realizara a un rio y no se disponga de datos de aforo del rio, estos deberán ser efectuados, determinando los gastos mínimos de estiaje y máximos de crecimiento.
- ❖ Si la descarga es en el suelo se debe determinar la capacidad de saturación del suelo, porosidad y permeabilidad.
- ❖ Para el monitoreo de las aguas de descargas o las aguas ya tratadas, se tomaran de referencias los valores límites establecidos en el decreto 33-95 para descarga de aguas residuales domésticas. La realización de monitoreo es responsabilidad de la comunidad.
- ❖ Para el tratamiento de los lixiviados se podrán hacer uso de tratamientos físicos, químicos y biológicos.
- ❖ Se permite el uso de lagunas de evaporación o de secado, lagunas de estabilización, filtros percoladores, biofiltros, recirculación de lixiviados, siempre y cuando el MARENA revise y apruebe estos diseños.
- ❖ En el caso que se realice la circulación de los lixiviados se debe impermeabilizar el área de almacenamiento de los lixiviados para tal fin se debe utilizar arcilla de los sitios de préstamos aprobados por MARENA, con coeficiente de permeabilidad no mayor de 10×10^{-01} cm/seg, lonas de material sintético u otro material aprobado por la instancia correspondiente.

- a) Cualquiera que sea el tipo de tratamiento de los lixiviados, MARENA en conjunto con MINSA deberá evaluar el monitoreo evaluativo en la normativa 05 013 – 01 norma técnica para el control ambiental de los relleno sanitarios.

5.10 Diseño del drenaje de lixiviados

El líquido percolado es producido fundamentalmente por las aguas de lluvia que se filtran a través del material de cobertura y pasa por las capas de basuras, transportando concentraciones apreciables de materia orgánica y otros productos líquidos contaminantes derivados de la descomposición de la basura.

Para la estimación de líquido percolado se utilizó el método simplificado que se basa en una relación empírica que establece que este es una función directa de la compactación de la basura en el suelo. Para calcular el caudal de diseño se tomó la precipitación media anual según la estación de estación Campus Azul es del municipio de Masatepe (**Ver Anexo E**) el 50% del área total del terreno, y k 0.40 para rellenos débilmente compactados.

La red de recolección se construye con tubería “PVC” de 4”, posteriormente al pasar al sistema de tratamiento (Tanque séptico y FAFA), esta funcionara por gravedad.

Para nuestros cálculos, se toma en cuenta la precipitación normal anual de la cuenca en donde se encuentra el relleno sanitario para estimar la cantidad aproximada de este lixiviado que se percola en la base del relleno en un tiempo determinado. Ambos parámetros, áreas y precipitación son afectados por un factor k que está en dependencia del grado de compactación aplicada tanto a los desechos sólidos como a los materiales de cobertura intermedia y finales.

Cuadro No. 5.2 Valores de compactación (k)

Grado de compactación	Valores de K
Mayor a 0.7 kg/m^3	15-25%
0.4 a 0.7 kg/m^3	25-50%

5.10.1 Diseño de tratamiento de lixiviados

Para el diseño de tratamiento de lixiviados hemos propuesto un Tanque séptico, el FAFA y un pozo de absorción ya que este no ocupa mucho espacio y es más económico. Los parámetros utilizados para el diseño de tratamiento de lixiviados son los recomendados por las normas brasileñas y establecidas en la de INAA (Instituto Nicaragüense de Acueductos y alcantarillados). **Ver Anexo F.**

5.10.2 Tanques de sedimentación primaria

Se denominan tanques de sedimentación primaria aquellos que reciben aguas residuales crudas, generalmente antes del tratamiento biológico secundario. Estos tanques pueden ser de planta rectangular o circular. La recolección y extracción de lodos se puede efectuar manualmente y mediante vaciado del tanque respectivamente, o recolección mecánica y extracción mediante vaciado. Los equipos para recolección de lodos son suministrados por diferencia de fabricantes.

5.10.3 Tanque séptico-filtro anaeróbico de flujo ascendente

Este se usa para tratar aguas servidas de pequeñas comunidades, obteniéndose resultados satisfactorios. El filtro anaeróbico de flujo ascendentes es una alternativa para dar un tratamiento complementario al efluente de un tanque séptico.

5.10.4 Parámetros de diseño de sistemas de tratamientos de lixiviados aplicados en Nicaragua según normas brasileñas

- Ancho interno mínimo (b) en m: 0.8
- Profundidad útil mínima (h) en m: 1.2
- Relación entre el largo (L) y el ancho (b): $2 (L/b) \geq 4$

- La anchura interna (b) no puede sobrepasar 2 veces la profundidad útil (h).
- Cuando la fosa es de dos cámaras, la primera y la segunda cámara deben tener un volumen útil total (v) respectivamente, de 2/3 y 1/3 del volumen útil.
- Los bordes inferiores de las aberturas de pasaje entre las cámaras deben estar como mínimo de 0.30 metros. Abajo del nivel líquido.
- El área total de las aberturas entre las cámaras debe estar entre el 5% y el 10% de la sección transversal útil de la fosa séptica.
- El periodo de retención deberá ser de 0.5 días mínimo.
- El material filtrante deberá tener una granulometría lo más uniforme posible pudiendo variar entre 4 y 7 mm colocándose la más gruesa en la parte inferior del lecho.

6.0 Capítulo VI. (Memoria de Cálculo y Resultados).

Calculo de del Estudio de Suelo.

Determinación del porcentaje de partículas grueso de los suelos de excavación.

Cuadro No. 6.1 Resultado de granulometría.

Muestra tomada del Stock.				
Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en (Grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa Tamiz
3"	--	--	--	100
2"	--	--	--	100
1 1/2"	120	0.8	0.8	99
1"	70	0.5	1.3	99
3/4"	60	0.4	1.7	99
3/8"	350	2	4.1	96
No. 4	1140	8	12.1	88
Pasa No. 4	12660	88	100	--
Sumatoria	14400	100	--	--

Determinación del porcentaje fino de los suelos de excavación.

Cuadro No. 6.2 Resultado de granulometría.

Muestra tomada del Stock.				
Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en (Grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa Tamiz
No. 10	3.61	2	8	86
No. 40	44.99	24	32	62
No. 200	53.92	28	60	34
Pasa No. 200	64.37	34	94	--
Sumatoria	166.89	88	--	--

Determinación de Limite Líquido

Cuadro No. 6.3 Resultado de Limite Líquido.

Muestra tomada del Stock		LIMITE LIQUIDO (%)	
Numero de Golpes N		18	25
Cápsula No.		T-41	T-49
Peso de Cápsula (gr)	Pc₁	22.42	21.88
Pc ₁ + Suelo Húmedo (gr)	1	40.30	40.90
Pc ₁ + Suelo Seco (gr)	2	34.22	34.64
Peso de Agua en Suelo = 1-2 =	3	6.08	6.26
Peso Seco de Suelo = 2 - Pc =	4	11.8	12.76
Contenido de Humedad (%) = 100 * 3/4 =	5	51.5	49.1
Factor = K	6	0.9610	1.0000
Límite Líquido 5 x 6	7	49.5	49.1
Límite Líquido (Promedio) % N=25		49	

Determinación de Limite Plástico.

Cuadro No. 6.4 Resultado de Limite Plástico.

LIMITE PLASTICO		
Cápsula No.		T-3
Peso de Cápsula (gr)	Pc	21.98

Pc ₂ + Suelo Húmedo (gr)	8	57.12	
Pc ₂ + Suelo Seco (gr)	9	48.17	
Peso de Agua en Suelo = 8-9 =	10	8.95	
Peso Seco de Suelo = 9 - Pc =	11	26.19	
Contenido de Humedad (%) = 100 * 3/4 =	12	34	
Límite Plástico Promedio (LP)		34	

Determinación del Índice de Plasticidad.

Cuadro No. 6.5 Resultado de Limite Líquido.

INDICE PLASTICO (%) IP (%) = LL - LP		
15		

Calculo de la prueba de infiltración

Para conocer la tasa de infiltración de los suelos se realizó en el fondo de la excavación un cubo de 0.30 x 0.30 m. bajo 10 cm en 27 minutos.

27 minutos es el promedio tomado de varias lecturas en el campo.

Volumen de rebajamiento = $(0.10 \times 0.30 \times 0.30 = 0.009 \text{ m}^3)$.

Área de contacto = $(0.30 \times 0.30) + (0.30 \times 4 \times 0.10) = 0.21 \text{ m}^2$.

Volumen de rebajamiento por m² en 27 minutos = $1 \text{ m}^2 \times 0.009 \text{ m}^3 / 0.21 \text{ m}^2 = 0.043 \text{ m}^3$ en 27 minutos.

Volumen de rebajamiento por m² en 1 minuto = $0.043 \text{ m}^3 / 27 \times 1000 = 1.59 \text{ lts/minutos/m}^2$.

La tasa de Infiltración de estos suelos es: 1.59 litros/minutos/m².

Cálculos para la proyección de la población

Aplicando la Fórmula No. 1 se calcula la proyección de la población de los 3 sectores de interés

$$P_{2016} = 8,899(1 + 0.04)^0 = 8,899hab.$$

$$P_{2017} = 8,899(1 + 0.04)^1 = 9,255hab.$$

$$P_{2018} = 8,899(1 + 0.04)^2 = 9,625hab.$$

$$P_{2019} = 8,899(1 + 0.04)^3 = 10,010hab.$$

Los resultados obtenidos de las siguientes proyecciones para 20 años se encuentran en el **Anexo H**.

Cálculos para la proyección de la producción percapita (ppc) para el año inicial.

Aplicando la fórmula No. 2.

$$PPco = (wm)/(No. hab \times dia) = 724.1 \text{ Kg} / (197) (5) = 0.73 \text{ Kg/hab/día}$$

- Tasa de Ppc = 1%.

$$Ppc_{2016} = 0.73(1 + 0.01)^0 = 0.73 \frac{kg}{hab \times día}$$

$$Ppc_{2017} = 0.73(1 + 0.01)^1 = 0.7373 \frac{kg}{hab \times día}$$

$$Ppc_{2018} = 0.73(1 + 0.01)^2 = 0.7447 \frac{kg}{hab \times día}$$

$$Ppc_{2019} = 0.73(1 + 0.01)^3 = 0.7521 \frac{kg}{hab \times día}$$

Los resultados obtenidos de la proyección de población y de la producción per cápita se encuentra en el **Anexo H**.

Para el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional se utilizó la formula siguiente:

$$Rg = \left(\frac{P_{2016}}{P_{2005}} \right)^{1/n} - 1 * 100 \quad Rg = \left(\frac{8899}{5535} \right)^{1/12} - 1 * 100 = 4 \%$$

. Cálculos para determinar el área requerida para el Relleno Sanitario de la ciudad de villa el Carmen:

- Se determinara la Cantidad de desechos sólidos para un 40% que será depositado en el relleno sanitario el otro 60% se tratara por medio de reciclaje y el compostaje.

Cuadro No. 6.6 Datos para el Diseño del Relleno Sanitario.

Datos para el diseño del Relleno sanitario	
Población Inicial Año 2016	8899 Población
Tasa de Crecimiento	4.0 %
Periodo de diseño	20.0 Años
Producción Perca pite	0.73 Kg/hab/dia
Volumen de Material Cobertura	15 %
Altura Promedio del Relleno	6.0 m.
Área Total del Terreno	18,351.5 m ²
Área adicional (F)	20%

La densidad Utilizada para en estos cálculos son tomados de las organizaciones CEPI y OPS.

Cuadro No. 6.7 Densidad de los desechos sólidos relleno sanitario⁹.

Etapa	Densidad
Basura suelta en recipientes	230 kg/m ³
Basura compactada en camiones compactadores	500 kg/m ³
Basura suelta descargada en los rellenos	400 kg/m ³
Basura recién rellena	600 kg/m ³
Basura estabilizada en los rellenos (2 años después del rellenamamiento)	900 kg/m ³

- **Calculo para el 40% de Producción de Desechos sólidos para el año 2016. Ver formula No. 3**

$$1) \text{Diaria} = 8,899 \text{hab} \times 0.73 \frac{\text{kg}}{\text{hab} \times \text{día}} \times 0.40 = 2,598.508 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

⁹ www.bvsde.ops-oms.org.

$$2) \text{Anual} = \frac{2,598.508 \frac{kg}{día}}{\frac{1000 kg}{1 ton}} \times \frac{365 días}{1 año} = 948.46 \frac{ton}{año}$$

$$3) \text{Acumulado} = \text{Anual} = 948.46 \frac{ton}{año}$$

$$4) \text{Vol. Res. Sol. compactados diarios} = \frac{(2,598.508 \frac{kg}{día})}{400 \frac{kg}{m^3}} = 6.496 \frac{m^3}{día}$$

$$5) \text{Vol. de Res. Sol. compactado anual} = 6.496 \frac{m^3}{día} \times \frac{365 días}{1 año} = 2371.04 \frac{m^3}{año}$$

$$6) \text{Volumen M. C. Diario} = 6.496 \frac{m^3}{día} \times 0.15 = 0.974 \frac{m^3}{día}$$

$$7) \text{Volumen M. C. Anual} = 0.974 \frac{m^3}{día} \times \frac{365 días}{1 año} = 355.510 \frac{m^3}{año}$$

$$8) \text{Vol. de Res. Sol. Estabilizados} = \frac{2,598.508 \frac{kg}{día}}{600 \frac{kg}{m^3}} \times \frac{365 días}{1 año} = 1,580.759 \frac{m^3}{año}$$

$$9) \text{Vol. de Relleno Sanitario} = 355.510 m^3 + 1580.759 m^3 = 1936.269 m^3$$

$$10) \text{Acumulado} = 1,936.269 m^3.$$

$$11) \text{Área requerida para el Relleno Sanitario} = \frac{1936.269 m^3}{6 m} = 322.711 m^2.$$

$$12) \text{Área Total} = 322.711 m^2 \times 1.35 = 435.660 m^2.$$

Los cálculos se encuentran en la tabla del Anexo H para los 20 años de diseño.

Los cálculos para el 60% de los desechos sólidos generados se encuentran en el Anexo H-1 y para el 100% de los desechos generados en el Anexo H-2.

7.4. Cálculos para el volumen de trinchera y dimensionamiento de la misma:

Para el 40% de los desechos generados en una proyección de 20 años:

Cálculo del volumen de trinchera o zanja:

Días de duración: 90 días.

Población a servir: 9,255 hab. (Año 2017).

Ppc: 0.7373.

Cobertura del servicio: 100%.

Porcentaje del material de cobertura: 20%.

Densidad de la basura compactada: 400 kg/m³.

Profundidad: 6m.

Ancho: 8 m.

Longitud: ¿? (Valor a encontrar).

- **Producción Total de RSM por día (Fórmula 3 Anexo J):
Cantidad de Desechos Sólidos Diario.**

$$DSd = 9,255 \text{ hab} \times 0.7373 \frac{\text{kg}}{\text{hab} \times \text{día}} \times 0.40 = 2,729.4846 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

- **Cantidad de Desechos Sólidos recolectados (Fórmula 4, Anexo J):**

$$DSr = 2,729.4846 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \times 1.00 = 2,729.4846 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

- **Volumen de la zanja (Fórmula 5, Anexo J):**

Si se estima el 20% del material de cobertura, una vida útil de 90 días y una densidad de 400kg/m³, entonces:

$$V_z = \frac{t \times DSr \times M.C.}{Drsm} = \frac{90 \text{ días} \times 2,729.4846 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \times 1.20}{400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 736.9608 \text{ m}^3$$

Es decir que para depositar los desechos sólidos en un día se requieren excavar:

$$\frac{736.9608 \text{ m}^3}{90 \text{ días}} = 8.1884 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

- **Dimensiones de la zanja (Fórmula 6 , Anexo J):**

Profundidad h_z= 6 m.

Ancho a= 8 m.

Largo L= ¿? (Valor a encontrar).

$$L = \frac{V_z}{a \times h_z} = \frac{736.9608 \text{ m}^3}{8 \text{ m} \times 6 \text{ m}} = 15.3533 \text{ m}$$

- **Tiempo de maquinaria (Fórmula 7, Anexo J):**

$$t_{exc} = \frac{V_z}{R \times J} = \frac{736.9608 \text{ m}^3}{20 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \times 8 \frac{\text{hr}}{\text{día}}} = 4.60 \approx 5 \text{ días}$$

. **Cálculo de la celda diaria:**

- **Cantidad de RSM que se debe disponer en kg/día-laboral:**

$$DS_{rs} = DS_p \times \left(\frac{7}{d_{hábiles}}\right) = 2,729.4846 \frac{kg}{día} \times \frac{7}{5} = 3,821.278 \frac{kg}{día}$$

- Tomando el 40% de los residuos que llegan al relleno:

$$DS_{rs} = 3,821.278 \times 1 = 3,821.278 \frac{kg}{día\ laboral}$$

- El volumen de la celda diaria teniendo en cuenta el 20% de material de cobertura y la densidad de los desechos sólidos recién compactada igual a 400 kg/m³.

(Fórmula 8, Anexo J):

$$V_c = \frac{DS_{rs}}{D_{rsm}} \times M.C. = \frac{3821.278 \frac{kg}{día}}{400 \frac{kg}{m^3}} \times 1.20 = 11.463 \frac{m^3}{día\ laboral}$$

- Dimensiones de la celda diaria Las dimensiones de la celda se hallan fijando la altura de la celda a 1m.

$$A_c = \frac{V_c}{h_c} = \frac{11.463 m^3}{1.0 m} = 11.463 \frac{m^2}{día\ laboral}$$

- Largo o avance de la celda El largo o avance de la celda estará sujeto a variaciones normales del ingreso de la basura, mientras que el ancho en este caso se mantendrá en 3 metros, ancho que es adecuado para que el vehículo pueda descargar:

$$l = \frac{A_c}{a_c} = \frac{11.463 m^2}{3 m} = 3.821 \frac{m}{día}$$

- Por lo tanto:

Largo de la celda=3.821 m.

Ancho de la celda=3 m.

h_c=1.0 m.

$$\# \text{ de Celdas} = \frac{V_Z}{V_c} = \frac{736.9608 m^3}{11.463 \frac{m^3}{día}} = 64 \text{ celdas}$$

Generación de lixiviado y tratamiento primario:

7.8. Cálculo del volumen de lixiviados:

$$Q = \frac{1}{t} \times P \times A \times K$$

P=Precipitación media anual→1518.0 mm/año→1.518 m/año (**Ver Anexo E.**)

K= 0.40 →Rellenos debidamente compactados (K= 0.25~0.50)

A= 90 % área total del relleno= (0.90 x 1164.8339)= 1048.35 m².

Los 1,164.8339 m² es el área para el 40% de los desechos sólidos, proyectado para los 20 años.

$$Q = 1.518 \frac{m}{año} \times 1048.35 m^2 \times 0.40 = 707.29$$

$$Q = \frac{707.29}{2} = 353.65 \frac{m^3}{año}$$

$$Q_{prom} = \frac{353.65}{365} = 0.97 \frac{m^3}{día}$$

$$Q_{prom} = (0.97) \times (1000) = 970 \frac{Lts}{día}$$

$$Q_{prom} = \frac{970}{86400} = 0.011 \frac{Lts}{seg}$$

$$Q_{prom} = \frac{353.65}{12 mes} = 30.470 \frac{m^3}{Mes}$$

Precipitación promedio máxima por mes:

Junio = 221.4 mm/mes.

Septiembre = 333.1 mm/mes.

Octubre = 281.2 mm/mes.

- **Longitud del sistema de tubería para el lixiviado:**

$$V = 30.470 \frac{m^3}{Mes} \times 6 Meses = 182.82 m^3$$

$$L = \frac{182.82 m^3}{(0.6m \times 1m)} = 304.7 m.$$

- **Calculo de la fosa séptica: (tanque séptico)**

$$V_1 = \left[\left(\frac{SST \times Q \times 0.7 \times (1 - SSV)}{0.04} \right) \times T_R \right] / 10^9$$

La calidad de los lixiviados utilizados son iguales a los Mateare y se encuentra en el Anexo C i.

SSV (Sólidos suspendidos volátiles) = 5,185.00 mg/l.
 SST (Sólidos suspendidos totales) = 497.475 mg/lts.
 Q = 970 lts/día. Caudal promedio anual.
 TR = 180 días.

$$SST = \frac{SST}{ST} = \frac{\text{Sólidos suspendidos totales}}{\text{Sólidos totales}} = \frac{3,316.50 \frac{mg}{lts}}{22,110 \frac{mg}{lts}} = 0.15$$

$$SST = 0.15 \times 3,316.50 \frac{mg}{lts} = 497.475 \frac{mg}{lts}$$

$$V_1 = \left[\left(\frac{497.475 \frac{mg}{lts} \times 32469.4 \times 0.7 \times (1 - 0.30)}{0.04} \right) \times 180 \right] / 10^9$$

$V_1 = 35.62 \text{ m}^3$ (Volumen útil destinado para almacenamiento de sólidos)

- **Volumen útil o total del tanque: (Vu)**

$$V_u = Q \times TRH + V_1$$

Q= 0.97 m³/día.

TRH= 1 días. Esto según la norma para tanque séptico ISO20.

V₁= 35.62 m³.

$$V_u = \left(0.97 \frac{m^3}{día} \times 1 \text{ días} \right) + 35.62 m^3 = 36.56 m^3$$

- **Cálculos para el volumen útil del filtro anaerobio (FAFA):**

$$V_{uf} = 1.6 \times Q \times TRH$$

Q= 0.97 m³/día.

TRH= 1 días. Esto según la norma para tanque séptico ISO20.

$$V_{uf} = 1.60 \times 0.97 \frac{m^3}{día} \times 1 \text{ días} = 1.552 m^3$$

$$V_{uf} = 1.552 m^3 \rightarrow \text{Volumen total de las 2 cámaras.}$$

$$V_{uf} = 0.77 m^3 \rightarrow \text{Volumen útil de cada cámara}$$

- **Sección Horizontal (Fórmula 9 , Anexo J):**

$$S = \frac{V_{uf}}{h}$$

$$S = \frac{0.77 \text{ m}^3}{1.80 \text{ m}} = 0.43 \text{ m}^2 \text{ para cada cámara}$$

- **Dimensionamiento de los reactores: (Fosa Séptica)**

Sedimentador primario: Con el volumen encontrado $V= 36,560$ litros superior a 14,000 litros, el volumen máximo recomendado por las normas brasileñas, para que se dé una sedimentación óptima para un sedimentador primario, tipo tanque séptico, por lo tanto se recomienda diseñar y construir una unidad de sedimentador primario (tanque séptico de 2 cámaras). Los criterios de diseño utilizados para el tanque séptico se encuentran en el **Anexo F**.

$$\text{Volumen} = l \times b \times h$$

Tendremos:

$$V = 2b \times b \times h$$

$$b = \sqrt{\frac{V}{2h}} = \sqrt{\frac{36.56 \text{ m}^3}{(2 \times 1.80)}} = 3.18 > 3.00 \text{ m}$$

$B < 2H$

$B < 2(1.80) = 3.60$

Profundidad útil del tanque séptico (H) → Propuesto $H = 2.5 \text{ m}$

Ancho propuesto → $b = 3.00 \text{ m}$

Verificación de la dimensión de b según la normativa:

$$2 \leq \frac{l}{b} \leq 4$$

$$L = \frac{V}{(b \times h)} = \frac{36.56 \text{ m}^3}{(3 \times 1.80)} = 6.77 \text{ m}$$

$$2 \leq 6.77/3 \leq 4$$

$$2 \leq 2.25 \leq 4$$

La fosa séptica se dividirá en dos cámaras que estarán separadas por una pantalla de hormigón armado, con aberturas para permitir el flujo de la primera a la segunda

cámara por lo cual se presenta su cálculo. Los criterios utilizados están basados en las normas brasileñas y se encuentran en el **Anexo F**.

1. Cálculo de la primera cámara: $P_c = 2/3 L = 2/3 (6.77) = 4.51 \text{ m}$.

2. Cálculo de la segunda cámara: $S_c = 1/3 L = 1/3 (6.77) = 2.26 \text{ m}$.

Cálculo de las aberturas en pantalla:

$$\text{Área transversal de la fosa} = b \times h = 3.00 \text{ m} \times 1.80 \text{ m} = 5.40 \text{ m}^2$$

Se tomará el 5% del área transversal = $5.40 \text{ m}^2 \times 0.05 = 0.27 \text{ m}^2$.

Área a utilizar = 0.27 m^2 .

Se usará un diámetro de 6" por efectos constructivos:

$$A = \frac{\pi \times 0.15^2}{4} = 0.01824 \text{ m}^2$$

$$N^\circ \text{ de orificios} = \frac{0.27 \text{ m}^2}{0.01824 \text{ m}^2} = 14.80 \approx 15 \text{ orificios de 6" cada uno}$$

- **Calculo de la altura h de colocación del invert. de los orificios construidos por tubos de 6" (150 mm).**

$$H = \frac{2}{3} h$$

$$h = 1.80$$

$$H = \frac{2}{3} \times 1.80 \text{ m} = 1.20 \text{ m}$$

$$H = 1.80 \text{ m} - 1.20 \text{ m} = 0.60 \text{ m} \rightarrow \text{sumergido}$$

- **Determinación de la velocidad de sedimentación de partículas de reactores del primer período:**

Considerando:

Tamaño mínimo de partículas a remover: 0.1 mm.

$V_0 = 8.00 \text{ mm/seg} = 0.008 \text{ m/seg}$.

$$\text{Velocidad de sedimentación: } V = \frac{Q}{A}$$

$$A = b \times h = 3.00 \text{ m} \times 1.80 \text{ m} = 5.40 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{f}{b \times h} = \frac{0.00024684}{5.40 \text{ m}^2} = 4.571 \times 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{seg}} < 0.008 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

→Condición de velocidad satisfecha

Cuadro 6. 7: Dimensiones de la Fosa séptica del primer período:

	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Capacidad (lts)
Primera cámara	4.51	3.00	1.80	24,354
Segunda cámara	2.26	3.00	1.80	12,204
				Σ=36396 lts → OK

Las dimensiones de largo y ancho del tanque séptico son definitivos para el sistema constructivo. Sin embargo, la profundidad calculada (1.80 m) corresponde a la altura útil a nivel de agua residual por lo que la altura total interna será 1.80 m + 0.4 m= 2.20 m. Los 40 cm adicionales se dejan como espacio donde se acumulan gases (metano, sulfuro, etc.) y natas (espumas).

Diseño del filtro anaerobio:

Altura= 2.50 m. } **Propuesto.**
 Ancho= 3.00 m. }
 L < 3h.
 L < 3 (2.50 m)
 L < 7.50 m
 L=2.91 < 7.5 m. →Cumple.
 V_{util} > 1,250 lts.
36375 > 1,250 litros →Cumple.

Cuadro 6.8: Dimensiones del FAFA (Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente).

FAFA:

Concepto	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Volumen (lts)
	3.00	4.86	2.50	36,450

$$L = \frac{V_{util}}{(b \times h)} = \frac{36.52 \text{ m}^3}{(3\text{m} \times 2.50\text{m})} = 4.86 \text{ m.}$$

7.9. Cálculos para el pozo de infiltración:

$Q_{\text{Tanque séptico y FAFA}} = 0.97 \text{ m}^3/\text{día}$.

Cuadro 6.9: Capacidad de Absorción del suelo.

Prueba No.	Capacidad de Absorción		Tipo de Suelo
	Lts/min/m ²	Profundidad	
PInf-1	1.59	6.50 – 6.80 m.	Grava de Buena gradación

Área útil del campo de infiltración:

$$\text{Área Requerida} = \frac{Q}{T_{inf}} = \frac{0.97 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{1.59 \frac{\text{m}}{\text{día}}} = 0.610 \text{ m}^2$$

- **Datos utilizados para el diseño del pozo de infiltración:**

Ancho del Pozo (A)= 2.00 m.

Largo del Pozo (L)= 1.50 m.

Profundidad Efectiva (P_E)= 2.50 m.

Profundidad Total (P_T)= 3.00 m.

Área perimetral (A_p)= 7.0 m.

Perímetro del Pozo (P_P)= ¿? (Dato a encontrar).

Área del Fondo (A_F)= ¿? (Dato a encontrar)

$$\text{Área del Fondo} = L \times A = 1.50 \times 2.00 = 3.00 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro del Pozo} = 2A + 2L = (2 \times 2) + (2 \times 1.50) = 7.0 \text{ m}$$

$$\text{Área de Absorción} = (A_p \times P_E) + A_F = (7.0 \text{ m} \times 2.50 \text{ m}) + 3.0 \text{ m}^2 = 20.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Pozos Requeridos} = \frac{\text{Área Requerida}}{\text{Área de Absorción}} = \frac{0.61 \text{ m}^2}{20.5 \text{ m}^2} = 0.030 \text{ Pozos}$$

Pozos Requeridos \approx 1 Pozos.

7.10. Módulo de Compostaje:

Dimensiones de las composteras:

Ancho= 3.00 m. } **Propuestos.**
Altura= 1.50 m. }

$$\text{Volumen de Desechos} = \frac{\text{Cantidad de Residuos Sólidos diarios} \left(\frac{\text{kg}}{\text{día}}\right)}{\text{Densidad compactada}}$$

$$\text{Volumen de Desechos} = \frac{2598.508 \left(\frac{\text{kg}}{\text{día}}\right)}{400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 6.496 \text{ m}^3$$

Volumen de desechos= 6.496m³/día. Para los 20 años.

$$\text{Largo} = \frac{\text{Volumen de Desechos}}{\text{Dimensiones}} = \frac{6.496 \text{ m}^3}{3.0 \text{ m} \times 1.50 \text{ m}} = 1.44 \text{ m}$$

CAPITULO VII. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

- ✓ Para una población inicial de 8,899 habitantes se determinó una producción percapita de 0.73 kg/hab/día, esto se obtuvo por medio de la caracterización de los desechos sólidos producidos por los tres sectores investigado.
- ✓ Se destinara al Relleno Sanitario el 40% de los desechos sólidos recolectados en el Municipio el restante se tratara por medio de reciclaje y compostaje.
- ✓ La distancia de los tres sectores investigado son diferentes varían entre uno y doce Km. Estas distancias son recorridas por el camión de la Alcaldía de Villa El Carmen.

- ✓ Los suelos encontrados en el stock producto de la excavación clasifican como arena limosa, fina a media de color café claro, estos suelos son aptos para ser utilizados como material de cobertura.
- ✓ Las dimensiones de las celdas diarias son: altura es de 1 m, el largo de la celda es de 3.82 m y el ancho de la celda es de 3 m el ancho es adecuado para que el vehículo pueda descargar los desechos.
- ✓ Para conocer la densidad seca máxima y su humedad óptima de estos suelos se realizó el ensaye método proctor obteniendo los siguientes resultados de 1450 Kg/m³ y 25%.
- ✓ Se realizó el CBR para conocer la capacidad de soporte del suelo teniendo como resultado al 90% de compactación un CBR de 6.9 Lbs/pulg².
- ✓ la tasa de infiltración de estos suelos es de 1.59 litros/min/m², esta información se obtuvo en el campo donde realizamos una excavación de 30x30 cm.
- ✓ Para el 40% de la producción de los desechos sólidos para el año 2016 se calculó: desechos sólidos diarios y anuales obteniendo los siguientes resultados de 2,598.508 Kg/día y 948.46 Ton/año.
- ✓ Precipitación media anual utilizada es de 1518 mm/año estos datos los brinda el Instituto de Estudios Territoriales (INITER).
- ✓ Área del relleno sanitario para el 40% es de 1,164.8339 m² esto se realizó mediante la proyección de la población y la producción percapita de 20 años.
- ✓ Dimensiones del filtro anaeróbico es de 5 m. de ancho x 2.91 m. de largo x 2.50 m de alto.

- ✓ Dimensiones del tanque séptico es 2.5 m de profundo con un ancho de 3 m.
- ✓ Chimeneas para gases situadas a cada 20 m (máximo 30 m) para así obtener una mayor liberación de los gases que se encuentran en los desechos depositados en el relleno.

Cuadro No. 7.1 Resultado de la encuesta

Familia y Viviendas			%	%	Total
Cuántas familias viven en la casa	Uno	Dos	76	24	100
Responsable del Hogar	Madre	Padre	43	57	100
Viviendas	Bloque	Bloque y Madera	70	30	100
Techo	Zinc	Teja	86	14	100
Piso	Ladrillo	Concreto	51	49	100

Cuadro No. 7.2 Resultado de la encuesta

				%	%	%	Total
Educación	Primaria	Secundaria	Universitaria	22	46	32	100
Servicios Básicos	Agua	Aguas Negra	Energía Eléctrica	100	100	100	100
En que trabajan Las personas del Hogar	Ganadería	Agricultura	Otros	20	30	50	100
Higiene Ambiental	Letrina	Sumidero	Otros	65	35	0	100
Aguas Servidas	La Riegan	La dejan Correr	Tienen Zanja de Drenaje	70	20	10	100
	La Mujer	El Hombre	Los Niños	70	20	10	100

Quien saca los desechos Solidos							
Cuantos Viajes realizan los Camiones	Un Viaje	Dos Viajes	Tres Viajes	70	30	--	100
En que almacenan los desechos	Barriles	Bolsas Plásticas	Sacos	39	54	7	100
La Calidad del Servicio	Buena	Regular	Mala	60	30	10	100
Le Gustaría que Mejorara	Si	No	Porque	85	15		100
Estaría dispuesto a Pagar	Si	No	Porque	65	35	--	100
Cuanto Estaría Dispuesto a Pagar	20 a 35	36 a 50	51 a mas	65	--	--	65

7.1 Manual de Operación y Mantenimiento del Relleno Sanitario

I. INTRODUCCIÓN

Un Relleno Sanitario es una obra de ingeniería muy eficiente para la disposición final de los desechos sólidos municipales. Su debilidad radica cuando estos no son operados eficientemente así como por la falta de mantenimiento durante la vida útil.

La mayoría de los Rellenos Sanitarios por la falta de mantenimiento se convierten al final en un problema ambiental más, ya que se vuelven de nuevo en botaderos a cielo abierto.

II. OBJETIVO

El manual básico de operación y mantenimiento tienen por objetivo garantizar el éxito de una adecuada disposición final de los desechos sólidos en cuyas recomendaciones se garantiza la sostenibilidad técnica del proyecto.

Parámetros de Control Operacional de un relleno Sanitario

1. Conocimiento de base

Procurar realizar un confinamiento por compactación adecuada de los desechos sólidos de cada trinchera del relleno sanitario y tener bien construidos y mantenidos sobre todo en invierno los canales perimetrales de cada trinchera que componen el Relleno Sanitario.

De igual manera para evitar acciones impactantes de corte vectorial y de emisiones gaseosas, el equipo encargado de la operación y mantenimiento del relleno sanitario debe asegurar tanto la construcción de las obras auxiliares al Relleno Sanitario para el debido control del mismo, y son las siguientes:

a) El sistema de control de entrada de residuos sólidos que incluye

Caseta, portón y aguja de control de proveniencia, cantidad (peso y/o volumen y calidad (tipo y componente) de los desechos sólidos. El operador que se mantiene de turno debe de registrar las informaciones de los indicadores antes mencionados en una bitácora que permitiría llevar un historial y un control que a la vez serán útiles para futuras tomas de decisiones sobre modificaciones, nuevos enfoques e implementación de nuevos proyecto sobre el manejo integral de los desechos sólidos.

b) El sistema de control de gases y de vectores que incluyan

Cercas perimetrales muertas (con malla ciclón o de alambre de púa, o otros materiales), impidiendo la penetración de ganado y seres humanos dentro del área del relleno sanitario.

Cercas perimetrales vivas, que puedan ser simples o dobles según la predominancia del viento. Se recomienda cuando se trata de doble cara, realizar la primera, la más cercana al cerco vivo de árboles rompe viento de gran estatura (eucalipto, nime, etc.) el nime por su carácter de pesticida biológico puede jugar doble papel: 1. Filtrar-captar-filtrar gases. 2. Controlar las plagas y gusanos que son muy comunes en sitios de tratamiento y de disposición final de desechos sólidos.

2. Conocimiento sobre el proceso de Diseño del Relleno Sanitario perfilado geofísicamente como cuenca

Los elementos más importantes que constituyen la infraestructura de un relleno sanitario son:

- La celda diaria
- La trinchera
- La plataforma de trabajo
- La impermeabilización de la base del relleno
- La construcción de la capa de almacenamiento y drenaje lateral de lixiviados.
- El canal de recolección de lixiviados
- La red de recolección y transporte de lixiviado
- El sistema de tratamiento de lixiviado
- Canal perimetral de drenaje pluvial

Tomando en cuenta los criterios y parámetros utilizados para el diseño y construcción del Relleno Sanitario Manual el cual está constituido básicamente por las capas de desechos sólidos cubiertos con el material de

cobertura, la zona de almacenamiento y la capa de impermeabilización las deben de ser adecuadamente operadas, conformadas y mantenidas por las acciones siguientes:

- Procurar una adecuada conformación de las celdas del que constituyen cada trinchera mediante una compactación tanto de los desechos sólidos como del material de cobertura de los mismos. Para lograrlo los instrumentos de conformación y de compactación a utilizar son de suma importancia.
- Evitar la penetración de fuerte corriente de agua de escorrentía dentro de la trinchera ya que pueden provocar severo proceso erosivo tanto a la capa de impermeabilización de los taludes de las distintas trincheras del Relleno Sanitario, como a la del fondo de los mismos.
- Así mismo, se evitaría el arrastre de sedimentos hacia el canal interno de recolección y drenaje de lixiviados, velando al mismo tiempo por la calidad del efluente.

Para lograr los ítems anteriores se debe procurar realizar un confinamiento por compactación adecuada de los desechos sólidos de cada trinchera del Relleno Sanitario y tener bien construidos y mantenidos los canales perimetrales de cada trinchera que componen el relleno Sanitario.

- Realizar un adecuado cierre de operación ya sea provisional o definitivo. La adecuación del cierre en ambos casos comprende:
- La conformación de una penúltima capa semi impermeable de 30 cm de espesor con arcilla de velocidad de infiltración del orden de $1 \cdot 10^{-5}$ cm/seg (previa prueba de infiltración). Es muy probable conseguir este tipo de arcilla como parte del material excavado durante la construcción de las trincheras, en caso que no habrá que

buscar este extracto en otro lugar, previa prueba de infiltración. Para controlar la infiltración de agua en la trinchera.

- La conformación de una capa de 20 cm aproximadamente con material vegetal (tierra vegetal) con su debida pendiente a ambos lados de la trinchera para que las aguas de escurrimiento puedan ser interceptadas por los canales perimetrales de la mencionada trinchera que serán conducidas hasta los canales principales o perimetrales del terreno del relleno. Esta capa debe de conformarse de tal manera que la textura (muy permeable del orden de 1×10^{-1}) y una cobertura vegetal que permitirá a la vez una fácil y rápida infiltración-saturación y evapotranspiración.
- El equipo encargado de la operación debe de manejar las dimensiones del relleno que incluyen:
 - Las trincheras (profundidad, largo y ancho).
 - El canal interno de recolección y de conducción de lixiviados.
 - La chimenea de gases.
 - Los canales perimetrales de la poligonal del relleno y los canales perimetrales de las trincheras del relleno sanitario.
 - La red externa de conducción de lixiviados incluyendo un pozo de visita y de mantenimiento evitando la desnivelación, la sedimentación (taqueamiento) de la misma (proveerlo por lo menos mediante sondeo periódico dos veces durante el invierno) por lo que dicha red debe ser debidamente señalada.

3. Principios básicos de un Relleno Sanitario

Se considera oportuno resaltar algunos principios básicos:

- **Supervisión constante**, mientras se vacía, recubre la basura y compacta la celda, para conservar el relleno en perfectas condiciones. Esto implica tener una persona responsable de su operación y mantenimiento.
- **La altura de la celda** es otro factor importante a tener en cuenta; para el relleno sanitario manual, se recomienda una altura entre 1.0 a 1.5m para disminuir los problemas de hundimientos y lograr mayor estabilidad.
- Es fundamental el **cubrimiento diario**, con una capa de 0.10 a 0.20m de tierra o material similar.
- La compactación de los desechos sólidos es preferible en capas de 0.20 a 0.30m y finalmente cuando se cubre con tierra toda la celda. De este factor depende en buena parte el éxito del trabajo diario, alcanzando a largo plazo una mayor densidad y vida útil del sitio. Una regla sencilla indica que, alcanzar una mayor densidad, resulta mucho mejor desde el punto de vista económico y ambiental.
- Desviar las aguas de escorrentía para evitar en lo posible su ingreso al relleno sanitario.
- Control y drenaje de percolados y gases para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente.
- El cubrimiento final de unos 0.40 a 0.60 m de espesor, se efectúa siguiendo la misma metodología que para la cobertura diaria; además debe realizarse de forma tal que sostenga vegetación, para lograr una mejor integración al paisaje natural.

4. Tratamiento de los efluentes líquidos

La descomposición o putrefacción natural de los desechos sólidos, produce un líquido mal oliente de color negro, conocido como lixiviado o percolado, muy parecido a las aguas residuales domésticas, pero mucho más concentrado. Por otro lado, las aguas de lluvia que atraviesan las capas de desechos sólidos, aumentan su volumen en una proporción mucho mayor que la que produce la misma humedad de los desechos; de ahí la importancia y desviar las aguas de escorrentía y pequeños hilos de agua antes del inicio de la operación, puesto que si el volumen de este líquido aumenta demasiado, puede no solo causar no solo problemas de la operación del relleno, sino también contaminar las corrientes de agua, nacimientos y pozos vecinos.

Si tenemos en cuenta que el área promedio a rellenar para disponer los desechos sólidos de estas pequeñas poblaciones no es muy grande, los volúmenes de percolado entonces serán también pequeños. Por lo tanto, se debe optar por su filtración en el suelo dado que, con el paso del tiempo, la carga contaminante de los lixiviados disminuye una vez clausurado el relleno; además el suelo actúa como filtro natural. No obstante para proteger las aguas superficiales y subterráneas se debe tomar las siguientes medidas:

- Verificar que las aguas subterráneas y superficiales cercanas no están siendo utilizadas para el consumo humano o animal.
- Establecer una altura mínima de 1.0 a 2.0m (depende de las características del suelo) entre la parte inferior del relleno y el nivel de agua subterránea.
- Tratar de contar con un suelo arcilloso o en su defecto impermeabilizar la parte inferior mediante una capa de arcilla de 0.30 a 0.60m.
- Interceptar, canalizar y desviar el escurrimiento superficial y los pequeños hilos de agua, a fin de reducir el volumen del líquido percolado, y de mantener en buenas condiciones la operación del relleno.

- Construir un sistema de drenaje para posibilitar la recolección del líquido percolado y facilitar su posterior tratamiento en caso necesario.
- Cubrir con una capa de tierra final de unos 0.40 a 0.60m, compactar y sembrar las áreas del relleno que hayan sido terminadas con pasto o grama para disminuir la infiltración de aguas de lluvia.

5. Sistema de drenaje de aguas pluviales

El sistema de drenaje debe ser mantenido limpio y sin obstrucciones, principalmente los conductos subterráneos.

Como el relleno sanitario se construye con el depósito de desechos sólidos constituidos en su mayor parte por material orgánico, el proceso de descomposición que ocurre en esta masa a lo largo del tiempo, provoca el asentamiento frecuente de la superficie.

Es importante acompañar permanentemente estos movimientos en el macizo del relleno y en los bordes y taludes, de forma de corregir con rapidez los efectos perjudiciales sobre los dispositivos de drenaje pluvial.

6. Drenaje de gases

Un relleno Sanitario no es ms que un digestor anaeróbico en el que, debido a la descomposición natural putrefacción de los desechos sólidos, no solo se producen líquidos, sino también gases y otros compuestos. La descomposición natural o putrefacción de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, ocurre en dos etapas: aerobia y anaerobia.

La aerobia es la etapa en la que el oxígeno está presente en el aire contenido en los intrínsecos de la masa en los desechos enterrados, siendo rápidamente consumidos.

La anaerobia, en cambio, es la que predomina en el Relleno Sanitario y produce cantidades apreciables de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), así como trazas de gases de olor repugnante como ácido sulfhídrico (H_2S), amoniacó (NH_3) y mercaptanos.

El gas metano reviste el mayor interés porque, a pesar de ser inodoro, es inflamable y explosivo si se concentra en el aire en una porción de de 5 a 15% en volumen; los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno; aprovechan cualquier fisura del terreno o permeabilidad de la cubierta para salir, pudiendo originar altas concentraciones de metano con el consiguiente peligro de explosión en las áreas vecinas. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo un adecuado control de la generación y migración de estos gases.

Este control se puede lograr, construyendo un sistema de drenaje vertical en piedra, colocado en diferentes puntos del relleno sanitario, para que estos sean evacuados a la atmósfera. Como el gas metano es combustible, se puede quemar simplemente encendiendo fuego en la salida del drenaje, una vez concluido el relleno sanitario.

También se puede aprovechar este gas como energía en el empleo de una pequeña cocina para calentar alimentos o como lámpara para iluminar el terreno. Es de notar que la recuperación y aprovechamiento del gas metano con propósitos comerciales, solo se recomienda para rellenos sanitarios que reciban más de 200 ton/día, y siempre que las condiciones locales así lo ameriten.

7. Material de Cobertura

Una de las diferencias fundamentales entre un relleno sanitario y un botadero a cielo abierto es la utilización de material de cobertura para separar

adecuadamente las basuras del ambiente exterior y confinarlas al final de cada jornada diaria.

El cubrimiento diario de los residuos sólidos con tierra es de vital importancia para el éxito del relleno sanitario, debido a que cumple las siguientes funciones:

- Prevenir la presencia y proliferación de moscas y vectores.
- Impedir la entrada y proliferación de roedores.
- Evitar incendios y presencia de humos.
- Minimizar los malos olores.
- Disminuir la entrada del agua de lluvia a la basura.
- Orientar los gases hacia las chimeneas para evacuarlos del relleno sanitario.
- Dar una apariencia estética aceptable al relleno sanitario.
- Servir como base para las vías de acceso internas.
- Permitir el crecimiento de vegetación.

8. Monitoreo ambiental

El monitoreo de los cuerpos de agua del entorno del relleno sanitario debe comenzar antes de la puesta en operación, con la colecta y análisis de muestras de los cuerpos de agua próximos, incluido el nivel freático, para evaluar su calidad y poder hacer comparaciones en el futuro.

El segundo momento del monitoreo ambiental es cuando se empieza a acopiar para tratamiento el efluente líquido generado en el relleno sanitario, y también los gases.

La frecuencia de muestreo y los parámetros a ser analizados, deben ser establecidos de conformidad con las normas establecida por el órgano de control ambiental.

Ejemplo de un programa de monitoreo ambiental:

- Mensualmente, análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del sistema de tratamiento, de los efluentes bruto y tratado, incluido ensayos de pH, DBO, DQO, residuos sedimentables, totales y fijos, y colimetría.
- Trimestralmente, análisis de los pozos de monitoreo construidos y de los lugares de muestreo de los cuerpos de agua de superficie, aguas arriba y aguas abajo del relleno sanitario, analizando los mismos parámetros.

9. Monitoreo geotécnico y topográfico

Todo el trabajo de llenado de las celdas del relleno sanitario debe ser acompañado topográficamente, hasta la ejecución de la inclinación de la superficie final de acabado. También debe hacerse un acompañamiento topográfico cuidadoso de la ejecución de la inclinación de los drenajes de los líquidos percolados, de modo que se asegure su perfecto desagüe después de recolectado.

Además de estos acompañamientos ejecutivos, deben instalarse algunos marcos de concreto en los frentes de trabajo, con miras a calcular el asentamiento diferencial de las capas enterradas. Estos marcos deben ser leídos mensualmente, y se debe aumentar la frecuencia de lectura si hubiera asentamientos importantes. La lectura de estos marcos también servirá para verificar la estabilidad geotécnica del relleno sanitario, a través de su desplazamiento horizontal.

10. Plan de operaciones

El relleno sanitario se debe llevar a cabo siguiendo un plan general de operaciones preestablecidas o bajo la guía de un manual de operación, el cual debe ser flexible para que el supervisor pueda actuar según su criterio cuando haya que resolver situaciones inesperadas, como cambios de clima o emergencias.

Los desechos sólidos y el material de cubrimiento deben ser descargados solo en el frente de trabajo autorizado, y a diferencia de la operación de un relleno convencional, que utiliza equipo pesado, se recomienda que los desechos no se depositen en la parte inferior del talud sino desde la parte superior de la celda ya terminada, a fin de facilitar el trabajo y poder así conformar la nueva celda.

Los siguientes son los pasos para la conformación de las primeras celdas diarias:

- Señalar en el terreno el área que ocupará la primera celda con los desechos del día, de acuerdo con las dimensiones estimadas que se basan en el volumen de ingreso esperado y en el grado de compactación que se obtendrá.
- Descargar los desechos sólidos en el frente de trabajo, a fin de mantener una sola y estrecha área descubierta durante la jornada y evitar el acarreo a grandes distancias.
- Esparcir los desechos sólidos en capas delgadas de 0,2 a 0,30 metros y compactarla manualmente hasta obtener una altura de celda que mida entre 1 y 1,5 metros, procurando una pendiente suave en los taludes exteriores (por cada metro vertical se avanza horizontalmente 2 ó 3 metros).
- Cubrir por completo la basura compactada con una capa de tierra de 0,1 a 0,15 metros de espesor cuando la celda haya alcanzado la altura máxima.
- Compactar la celda hasta obtener una superficie uniforme al final de la jornada.

Una vez completada la primera celda, la segunda podrá ser construida de inmediato al lado o sobre la primera, siguiendo siempre el plan de construcción del relleno sanitario. En los periodos secos se recomienda que

los vehículos transiten por encima de las celdas terminadas para darles una mayor compactación.

11. Personal de Trabajo

El trabajo en el relleno sanitario puede ser hecho por obreros del municipio o por una pequeña firma de construcción (cooperativa de trabajadores) contratada para tal fin; el número de trabajadores necesarios depende de la cantidad de RSM que se debe enterrar, de las condiciones del clima y del método de operación del relleno. Es necesario contar con un responsable o supervisor que posea los conocimientos necesarios para la operación y el control del relleno.

Es importante capacitar a todos los trabajadores del servicio de aseo en las prácticas de construcción, operación y mantenimiento del relleno sanitario, así como en todo el proceso de manejo de RSM, destacando la importancia de cada actividad y el papel que deben desempeñar para lograr un buen trabajo.

12. Supervisión

Uno de los elementos más importantes en el relleno sanitario es el jefe o supervisor, quien debe organizar, dirigir y controlar las operaciones; de ahí que deba contar con el pleno respaldo de la administración municipal.

Si el relleno sanitario manual no tiene una buena administración y supervisión, suficientes recursos económicos y un adecuado mantenimiento técnico, se convertirá en un botadero de desechos a cielo abierto.

13. Herramientas de trabajo

El equipo para operar un relleno sanitario manual se reduce a una serie de herramientas o utensilios de albañilería, tales como: carretillas de llanta

neumática, palas, picos, azadones, barras, tijeras, pisones de madera, horquillas o rastrillos, zapas y un rodillo compactador.

La cantidad de estas herramientas está en función del número de trabajadores, y el de estos, a su vez, depende de la cantidad de RSM que se debe enterrar en el relleno.

Para el acarreo del material de cobertura o basura sobre las celdas ya construidas, se recomienda que en la superficie del relleno se coloquen tablonés en forma lineal a fin de facilitar el desplazamiento de las carretillas, sobre todo en la época de lluvias, con lo que mejorarán los rendimientos de operación.

14. Seguridad Laboral

Debido al tipo de actividades que se llevan a cabo en el relleno sanitario y al contacto directo con los RSM, los trabajadores se pueden ver expuestos a accidentes y a enfermedades infecto-contagiosas.

Por lo tanto, es importante proteger la seguridad y la salud de los trabajadores dotándolos como mínimo de guantes, botas, gorras o sombreros, mascarillas contra el polvo y, por lo menos, de dos uniformes al año. También hay que tener en cuenta las costumbres del lugar y las condiciones del clima.

15. Operación durante el invierno

En los periodos de lluvias se presentan los mayores problemas de operación en un relleno sanitario, a saber:

- Difícil paso de los vehículos recolectores por encima de las celdas ya conformadas y posibles atascamientos debidos a la baja densidad alcanzada con la compactación manual.

- Dificultad para extraer y transportar el material de cobertura y arduo trabajo de conformación de las celdas. Estos factores conducen a un menor rendimiento por parte de los operarios.
- Solo es posible descargar la basura y el material de cobertura sobre la terraza, con lo que quedan retrasadas la conformación y compactación de las celdas. Si no se toman a tiempo medidas adecuadas, la basura dispersa y la presencia de aves carroñeras deteriorarán la apariencia del relleno.
- Mayor producción de lixiviado debido a la lluvia que cae directamente sobre las áreas rellenas.

De ahí que sea necesario tomar las siguientes previsiones

- Cubrir total o parcialmente la superficie del relleno sanitario con un techo de palma, plástico u otro material de la zona, tal como se explicó anteriormente.
- Reservar algunas áreas en los lugares menos afectados por las lluvias, con accesos conservados para poder operar en las peores condiciones.
- Construir una vía o camino artificial empleando troncos de madera o pequeños residuos de la construcción (escombros).
- Programar el movimiento de tierra para los periodos secos, tanto para la extracción del material de cobertura como para la apertura de trincheras, dejando para la época de lluvias solo el enterramiento de la basura.
- A manera de rutina, se debe cubrir las celdas con material plástico a fin de impedir que el agua de las lluvias se infiltre a través de la basura.
- Mantener áreas de trabajo estrechas, apoyando las celdas sobre el talud del terreno y superponiendo tres o más celdas cerca de la vía interna para que el avance sea más vertical que horizontal.

- Durante uno o varios días a la semana, reforzar la mano de obra con una cuadrilla extra de dos o tres trabajadores, a fin de mantener el relleno en buenas condiciones mientras subsistan los factores adversos.

CONCLUSIONES

1. El área disponible del terreno propiedad de la Alcaldía de la Ciudad de Villa El Carmen que es de 18,351.5m². El resto del terreno se usará para construcciones auxiliares como caseta de control, galera de separación de desechos sólidos que se puedan reciclar, caseta de compostaje para los desechos orgánicos, tratamiento de lixiviados, pozos de infiltración y viveros para la reforestación y paisajismo del Relleno Sanitario.
2. La producción per cápita de los desechos sólidos de la Ciudad de Villa El Carmen es de 0.73Kg/hab/día esto nos indica una alta producción per cápita respecto a otros municipios de Nicaragua, esta alta producción es debido al alto contenido de desechos de jardinería en los tres sectores evaluado por medio de la recolección de muestras para luego realizar su caracterización por el método del cuarteo.
3. La composición física de los desechos sólidos se conformó principalmente por materia orgánica entre los que están restos de comida y resto de jardinería que representan el 69.28 % del total de desechos generados, seguido por plásticos que representan el 12.99% que son clasificados para después ser reciclados y por último están el cartón y telas que representan el 7.32 y 3.92%, respectivamente que son almacenados en galeras especiales solo para este tipo de productos, esto permitirá el reciclaje y la elaboración del compost.
4. Para conocer la tasa de infiltración de los suelo se realizó en el fondo de la excavación un cubo de 0.30 x 0.30 m. bajo 10 cm en 27 minutos para obtener un volumen de rebajamiento por m² de 1,59 lts/min/m².

RECOMENDACIONES

- 1) Capacitar al personal que labora en el Relleno Sanitario con respecto a la operación y mantenimiento, ya que de esta forma se garantizará la sostenibilidad del proyecto.
- 2) Cumplir con las normas vigentes en cuanto a la disposición de desechos sólidos.
- 3) Integrar innovadoras propuestas en cuanto al mantenimiento y operación del relleno sanitario.
- 4) Capacitar a la población en general para la disposición adecuada de los desechos sólidos.
- 5) Llevar un control de todos los procesos detallados expuesto en el manual de operaciones para el relleno sanitario.
- 6) Una vez culminado la vida útil del relleno sanitario compactar la superficie del relleno no menos del 98% de su proctor estándar, esta recomendación tendrá que ser comprobada por un laboratorio de suelo certificado por el MTI.
- 7) Para la construcción de chimeneas y escape de gases utilizar los siguientes materiales: cuartones de 2 x 2 forrados con mallas y piedra Bolón.
- 8) Realizar la construcción de una caseta de control de camiones y que estos se dirijan a la galera de separación de los desechos sólidos.

- 9)** Una vez que el camión haya vaciado los desechos sólidos de la municipalidad, el personal realizara la separación de los diferentes tipos de desechos.
- 10)** Para el tratamiento de lixiviados se podrán hacer uso de tratamientos físicos, químicos y Biológicos.
- 11)** Para la impermeabilización del fondo de excavación se realizara con suelo cemento.

BIBLIOGRAFIA

1. Norma técnica ambiental para el manejo tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligroso NTON 05 014 – 02.
2. Jaramillo, Jorge. “Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales”. División de Salud y Medio Ambiente. Programa de Salud Ambiental, Organización Panamericana de la Salud. Serie Técnica 28. Washington D. C., 1991.
3. Mecánica de Suelos T. William Lambe y Robert V. Whiman. Editorial Limosa 1972 (Terzaghi y pack, 1948).
4. Residuos Sólidos Municipales, Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales, Programa de salud Ambiental, serie técnica No.28, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, Washington D.C; Septiembre de 1991.
5. Residuos Sólidos Municipales, Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales, Programa de salud Ambiental, serie técnica No.28, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, Washington D.C; Septiembre de 1991.
6. Norma técnica para el control ambiental de los rellenos sanitarios para los desechos sólidos NO- PELIGROSOS MARENA.NTON 05 013 – 01 CAP. 4-6.
7. Mecánica de Suelos T. William Lambe y Robert V. Whiman. Editorial Limosa 1972 (Terzaghi y pack, 1948).
8. Recolección y Tratamiento de desechos sólidos, Amunic e Inifon.

9. *Jean-Bernard Leroy* (1987). Los desechos y su tratamiento. (Breviarios del Fondo de Cultura Económica 355. México. (Traducido de la colección "Que saije?", Presses universitaires de France. París, 1981).)
10. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente (MOPTMA) (1995). Medio ambiente en España 1994. (Madrid.) Publicación hasta ahora anual, con información sobre la situación de los residuos urbanos, industriales, atmosféricos, aguas residuales, ruidos, etc.
11. Isabel Herráez y colaboradores (1989). Residuos urbanos y medio ambiente. (Universidad Autónoma. Madrid.)
12. *Xabier Doménech* (1994). Química ambiental. El impacto ambiental de los residuos. (254 pág. Miraguano Ediciones. Madrid.)
13. *Equipo Lorea* (1985). Naturaleza, basuras y reciclaje en la escuela. (Tomo I: Sugerencias para los maestros. Tomo II: Actividades para los alumnos. Editado por el Departamento de Educación y Cultura del Gobierno de Navarra. Antsoain.)
14. ESPINOSA LLORÉNS, M. D. C., LÓPEZ, M., PELLÓN, A., ROBERT, M., DIAZ, S., GONZÁLEZ, A. & FERNÁNDEZ, A. (2010). Análisis del comportamiento de los lixiviados generados en un vertedero de residuos sólidos municipales de la ciudad de la Habana. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 26(4), 313-325.
15. Martínez, S. G., & Soto, C. A. V. (2000). Tratamiento de los lixiviados de un vertedero en un sistema de lodos activados. In CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA.
16. Influencia de los rellenos Sanitarios archivo PDF recuperado de: www.umng.edu.co/documents/10162/745277/V2N1_8.pdf

17. Manual de rellenos Sanitarios Archivo PDF recuperado de:
www.igsmexico.org/archivos/rellenos.pdf
18. Leonardo Casanova Manual de levantamiento topográfico cap.7 Pag. 7-21
19. Gustavo Silvia Hidrología Aplicada – Bogotá Colombia cap. III.
20. Ing. José Ángel Baltodano-2009. Hidrotecnia de Viales facultad de tecnología de la construcción pag 18,20.
21. Normas Nicaragüenses de Acueducto y alcantarillado cap 10. Pag 48,49, 50.
22. La prensa lunes 22 de febrero 2007 – ING. Michael HUHN (CIM/GTZ). El autor es ingeniero agrónomo y ambiental (manejo de desechos sólidos y recicla

ANEXOS

ANEXO A: Anexo Fotográfico



Fotografía 1 a 3: Levantamiento Topográfico



Fotografía 4 a 7: Prueba de Infiltración



Fotografía 8 a 11: Muestreo, Granulometría y Límite



Fotografía 12 a 15: Recolección de Muestra

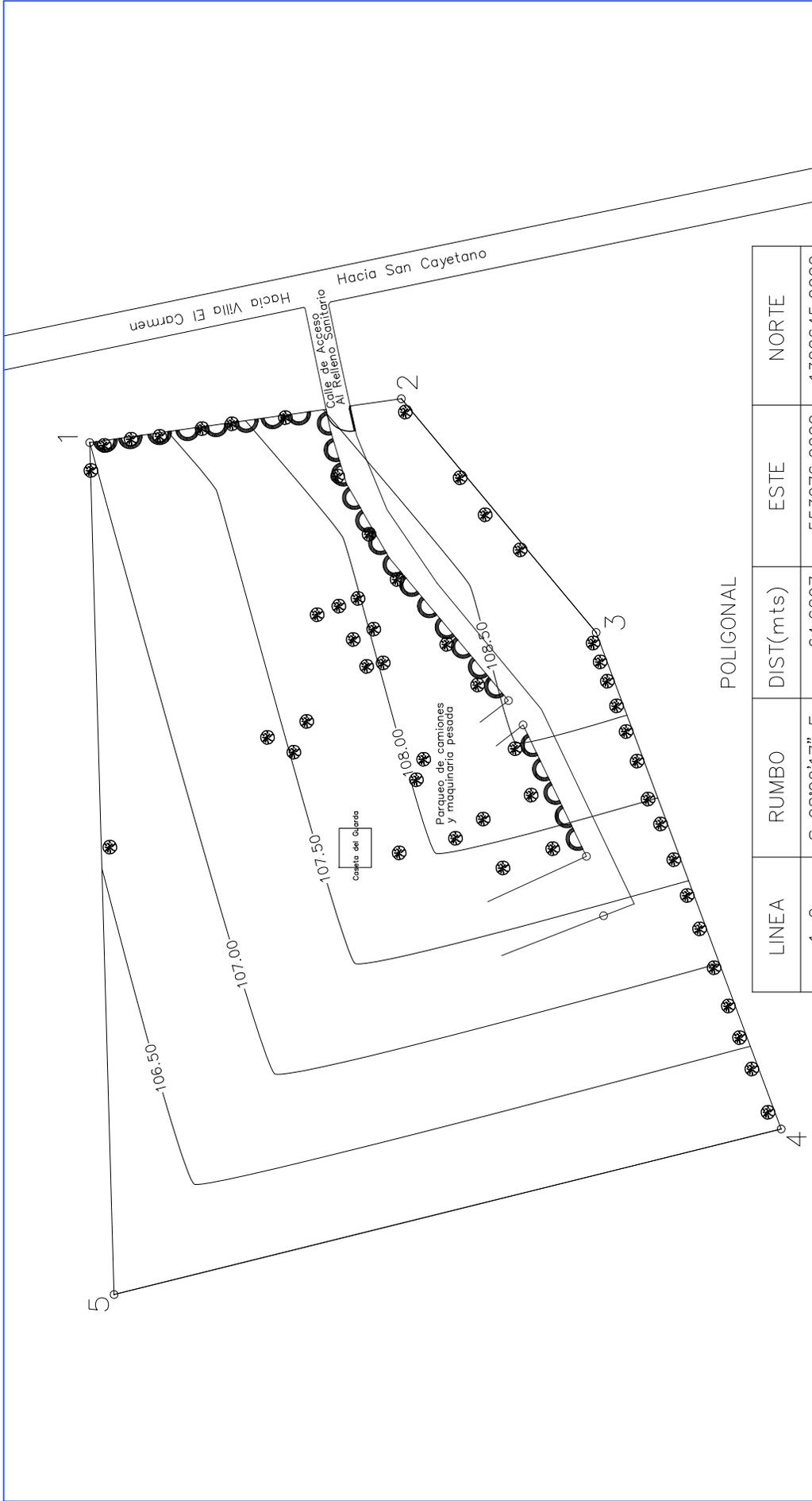


Fotografía 16 a 19: Pesaje de Muestra



Fotografía 20 a 21: Cuarteo de Muestra

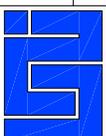
ANEXO B: Planos Topográficos



POLIGONAL

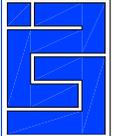
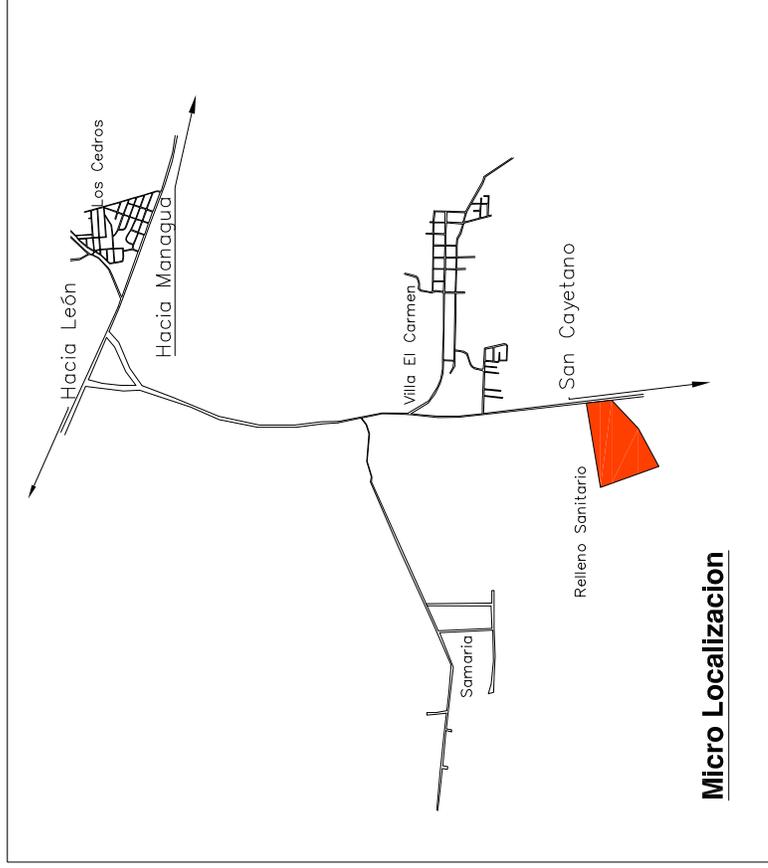
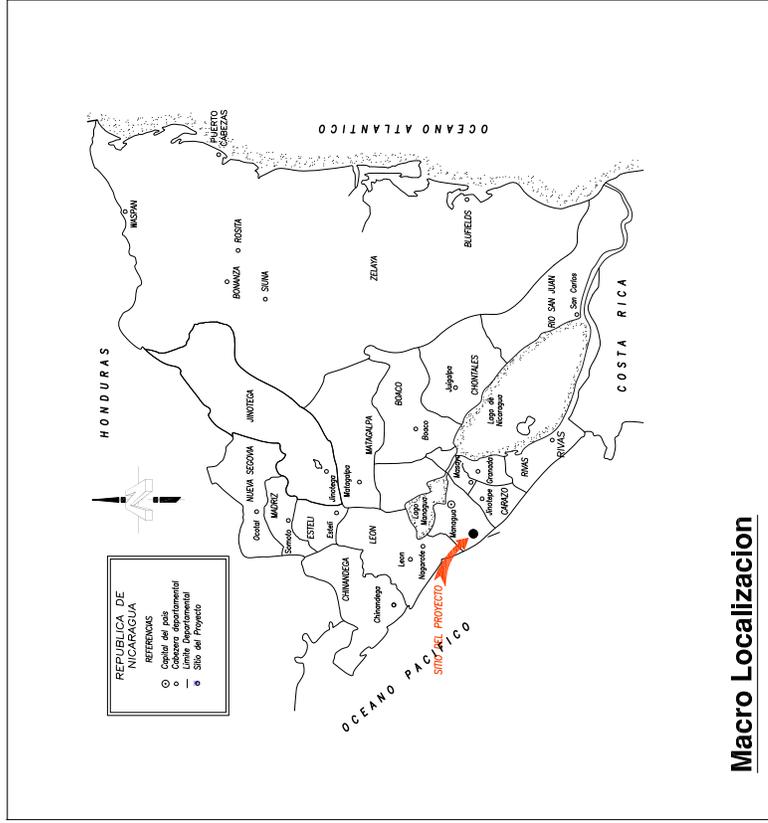
LINEA	RUMBO	DIST(mts)	ESTE	NORTE
1-2	S 08°00'17" E	64.6297	553076.0000	1322645.0000
2-3	S 50°11'40" W	62.4820	553085.0000	1322581.0000
3-4	S 69°34'02" W	108.8485	553037.0000	1322541.0000
4-5	N 13°56'16" W	141.1559	552935.0000	1322503.0000
5-1	N 88°21'48" E	175.0714	552901.0000	1322640.0000

Area Total 18351.5 Mts²
 26030.043 Vrs²
 2.605 Manzanas

	PROYECTO: Diseño de Relleno Sanitario para la Ciudad de Villa El Carmen; Departamento de Managua		LEVANTAMIENTO Y DISEÑO: Bayron Ulisses López López Guillermo Fauricio Toruño Martínez		DIBUJO: Bayron Ulisses López López REVISO: MSC.ING. JOSE A.BALTODANO FECHA: Junio 2016. Sin Escala		Figuras
	CONTENIDO: PLANO TOPOGRAFICO						A-1

PROYECTO:

DISEÑO DE RELLENO SANITARIO PARA LA CIUDAD DE VILLA EL CARMEN, DEPARTAMENTO DE MANAGUA

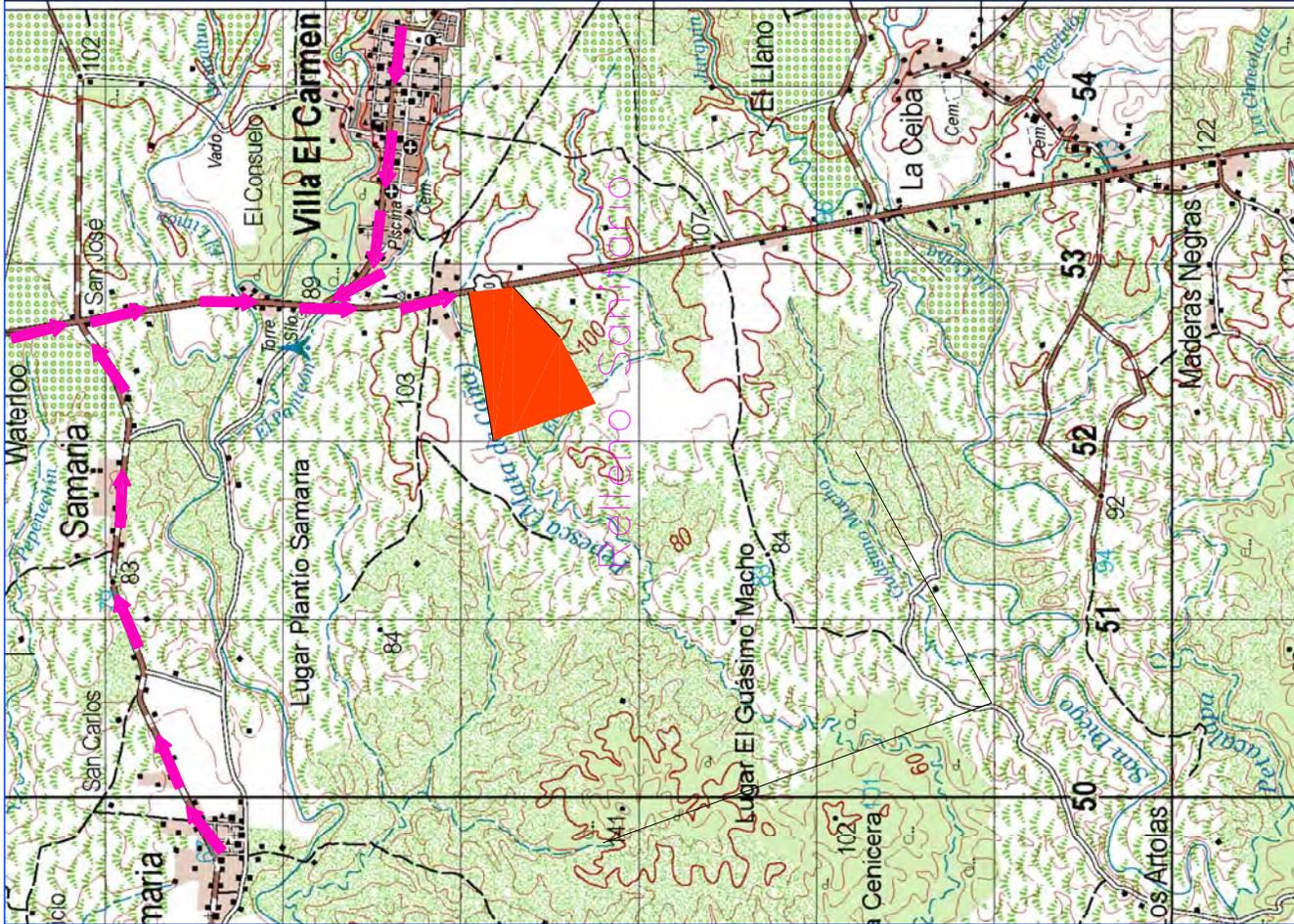


PROYECTO: Diseño de Relleno Sanitario para la Ciudad de Villa El Carmen; Departamento de Managua
 CONTENIDO: Macro Localización y Micro Localización

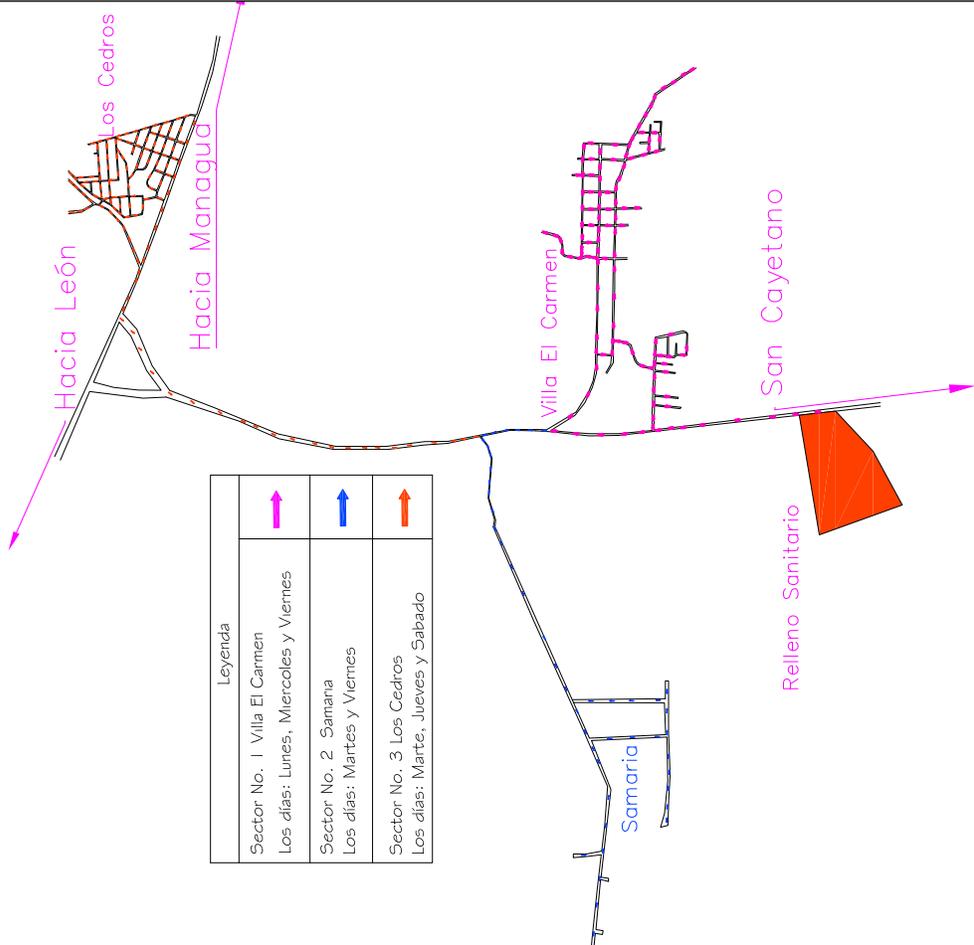
LEVANTAMIENTO Y DISEÑO:
 Bayron Ulisses López López
 Guillermo Fauricio Toruño Martínez

DIBUJO: Bayron Ulisses López López y Guillermo Fauricio Toruño
 REVISÓ: MSC.ING. JOSE A. BALDODANO
 FECHA: Junio 2016.

Figuras
 A-2
 A-9



Leyenda	
Sector No. 1 Villa El Carmen	↑
Los días: Lunes, Miércoles y Viernes	↑
Sector No. 2 Samana	↑
Los días: Martes y Viernes	↑
Sector No. 3 Los Cedros	↑
Los días: Martes, Jueves y Sabado	↑



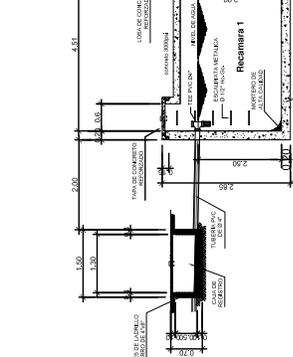
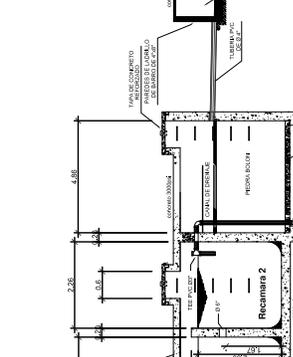
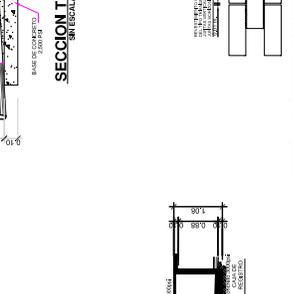
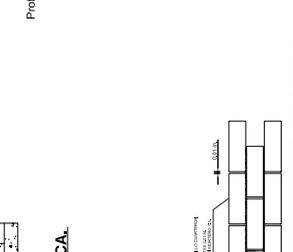
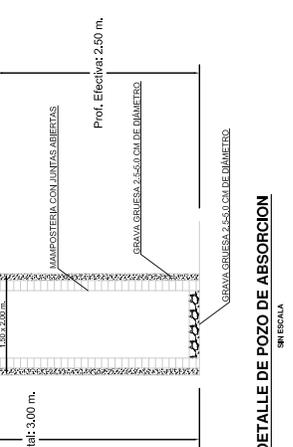
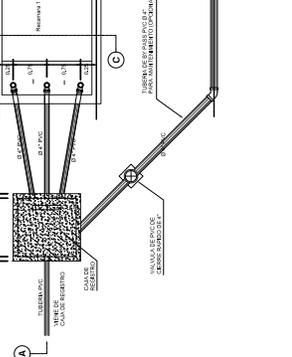
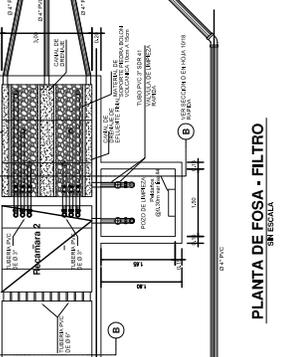
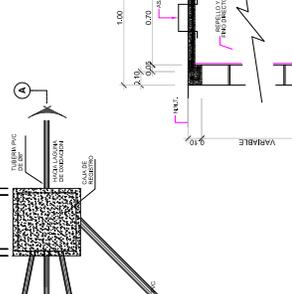
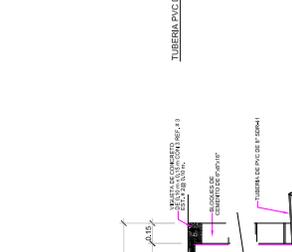
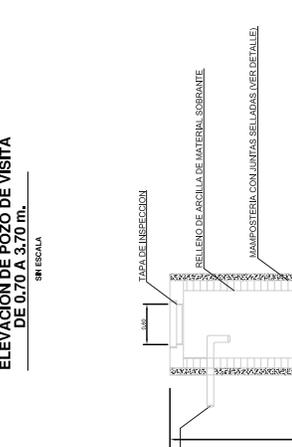
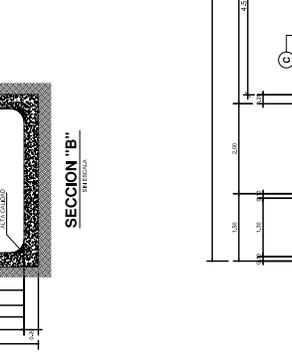
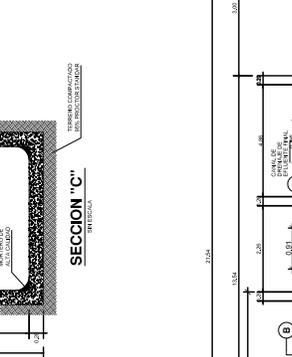
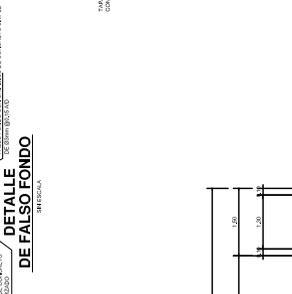
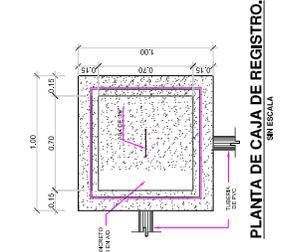
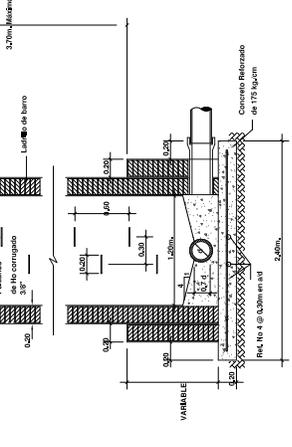
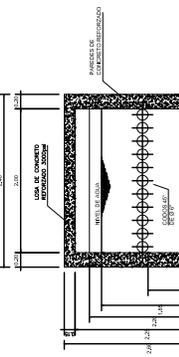
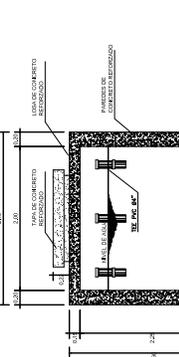
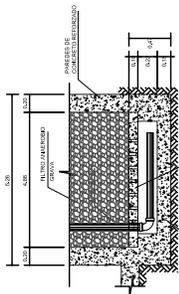
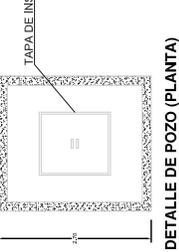
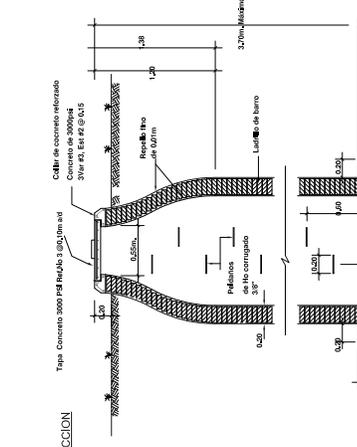
PROYECTO: Diseño de Relleno Sanitario para la Ciudad de Villa El Carmen; Departamento de Managua

CONTENIDO: Macro Ruteo y Micro Ruteo

LEVANTAMIENTO Y DISEÑO:
 Bayron Ulisses López López
 Guillermo Fauricio Toruño Martínez

DIBUJO: Bayron Ulisses López López
 REVISO: MSC.ING. JOSE A.BALTODANO
 FECHA: Enero 2017.

Figuras
 A-3
 A-9

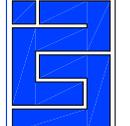


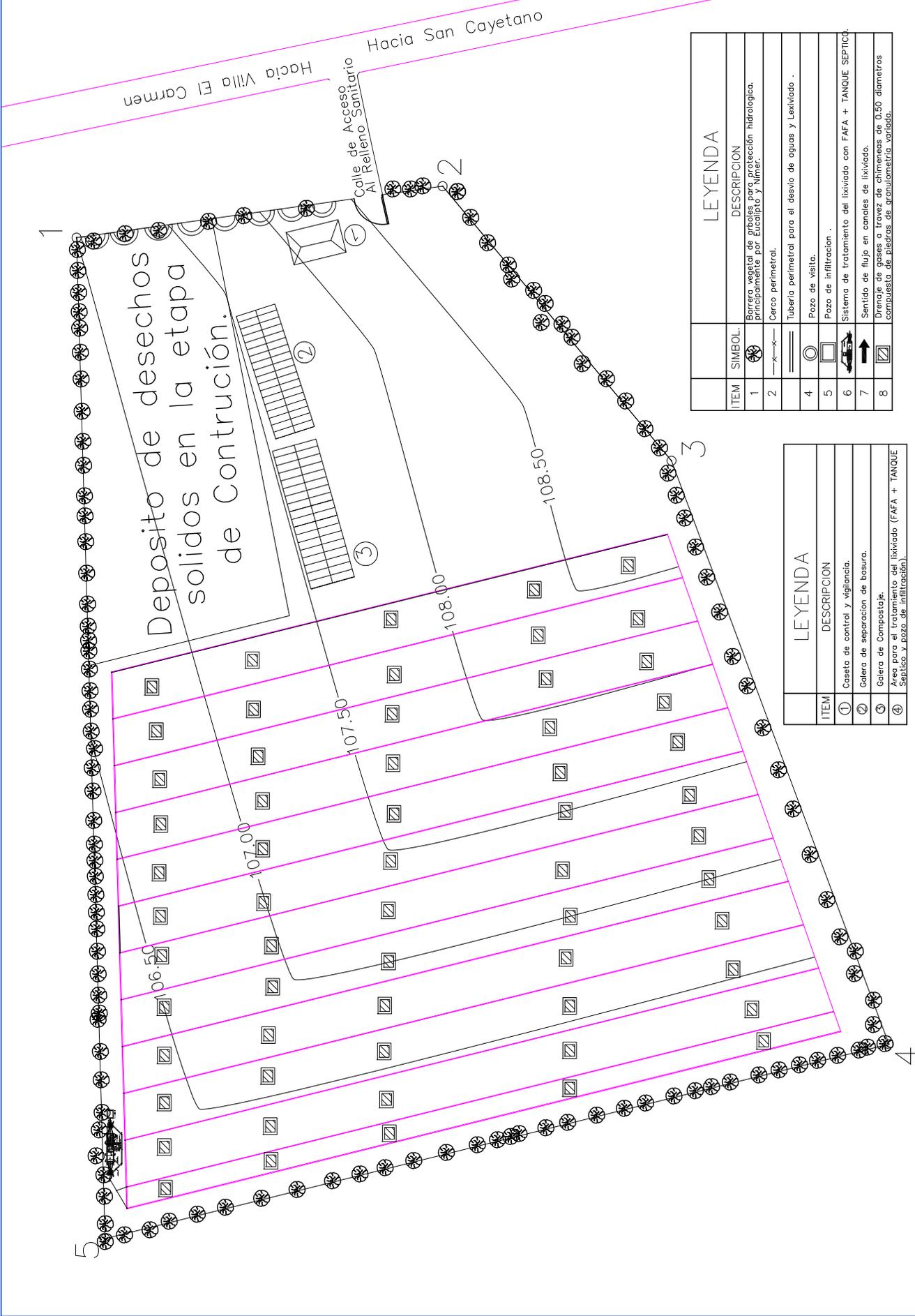
Figuras	A-4
A-9	

DIBUJO:	Bayron Ulisses López López
REVISO:	MSC.ING. JOSE A.BALTODANO
FECHA:	Enero 2017

LEVANTAMIENTO Y DISEÑO:	Bayron Ulisses López López Guillermo Fauricio Toruño Martinez
-------------------------	--

PROYECTO:	Diseño de Relleno Sanitario para la Ciudad de Villa El Carmen, Departamento de Managua
CONTENIDO:	Fosa Septica - Filtro y Pozo de Absorción





Deposito de desechos solidos en la etapa de Contruccion.

Hacia San Cayetano

Hacia Villa El Carmen

Calle de Acceso Al Relleno Sanitario

LEYENDA	
ITEM	DESCRIPCION
1	Barra de proteccion hidrológica, principalmente por Eucalipto y Nímer.
2	Cerco perimetral.
4	Tubería perimetral para el desvío de aguas y Lexiviado .
5	Pozo de visita.
6	Sistema de tratamiento del lixiviado con FAFA + TANQUE SEPTICO.
7	Sentido de flujo en canales de lixiviado.
8	Drenaje de gases a travez de chimeneas de 0.50 diametros compuesto de piedras de granulometria variada.

LEYENDA	
ITEM	DESCRIPCION
1	Caseta de control y vigilancia.
2	Galera de separacion de basura.
3	Galera de Compostaje.
4	Area para el tratamiento del lixiviado (FAFA + TANQUE Septico y pozo de infiltracion).

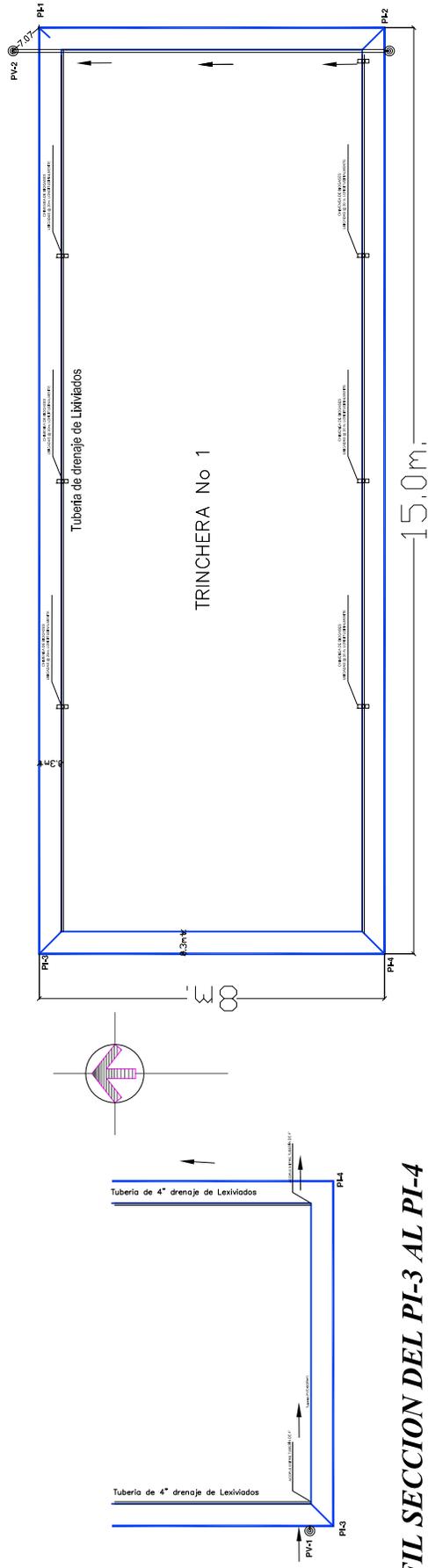
	PROYECTO: Diseño de Relleno Sanitario para la Ciudad de Villa El Carmen; Departamento de Managua CONTENIDO: Distribución de Tubería para Lexiviado	LEVANTAMIENTO Y DISEÑO: Bayron Ulisses López López Guillermo Fauricio Toruño Martínez	DIBUJO: Bayron Ulisses López López REVISO: MSC.ING. JOSE A.BALTOIANO FECHA: Enero 2017.	Figuras A-5 A-9
			Sin escala	

TRINCHERA No. 1

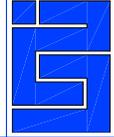
TRINCHERA No 1

PLANTA PERFIL SECCION DEL PI-3 AL PI-4

PLANTA PERFIL SECCION DEL PI-2 AL PI-4



PERFIL SECCION DEL PI-3 AL PI-4



PROYECTO: Diseño de Relleno Sanitario para la Ciudad de Villa El Carmen; Departamento de Managua

CONTENIDO: Diseño de Trincheras

LEVANTAMIENTO Y DISEÑO:

Bayron Ulisses López López
Guillermo Fauricio Toruño Martínez

DIBUJO: Bayron Ulisses López López

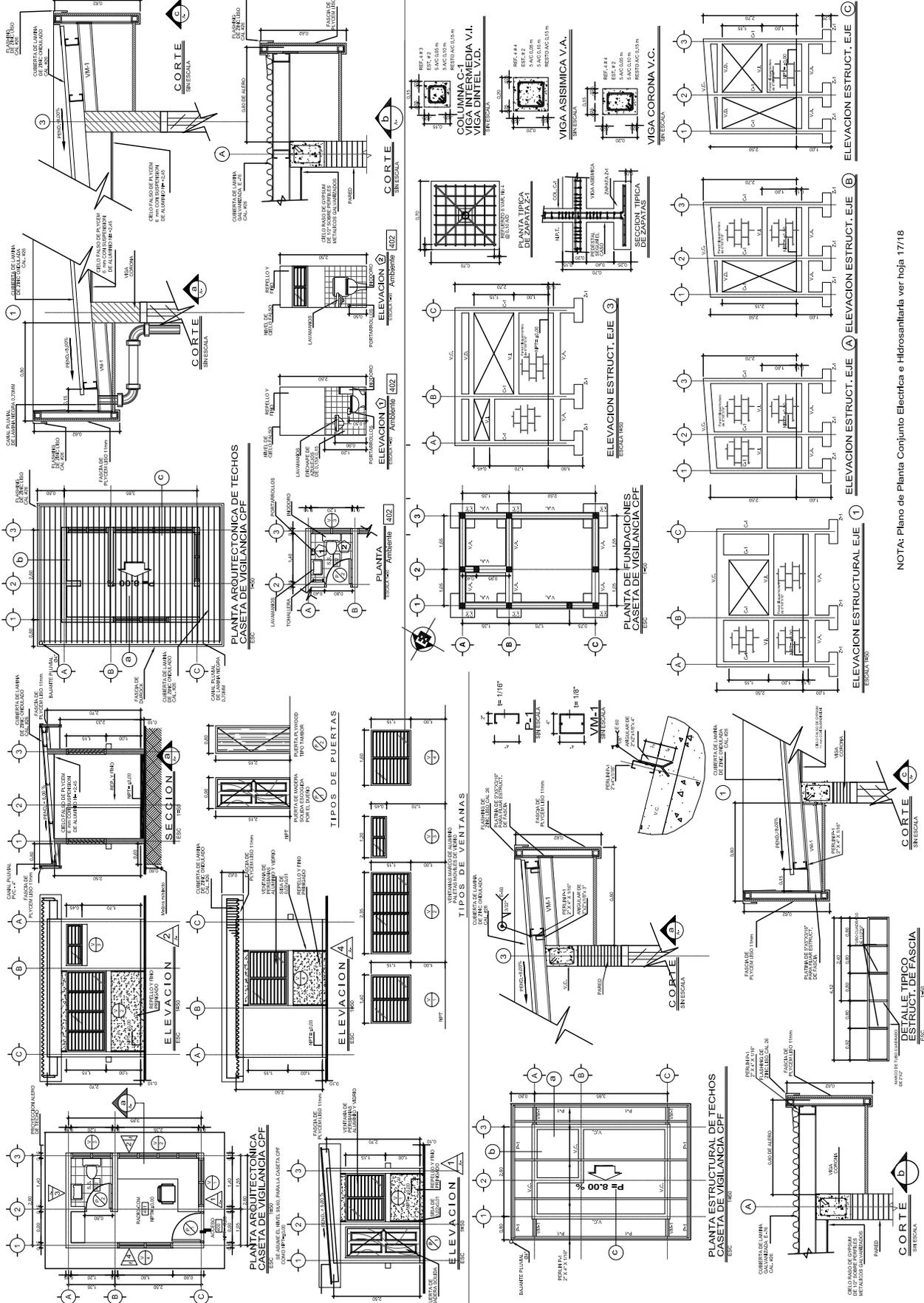
REVISO: MSC. ING. JOSE A. BALTODANO

FECHA: Enero 2017. Sin escala

Figuras

A-6

A-9



NOTA: Plano de Planta Conjunto Eléctrica e Hidrosanitaria ver hoja 17/18

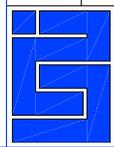
PROYECTO: Diseño de Relleno Sanitario para la Ciudad de Villa El Carmen; Departamento de Managua

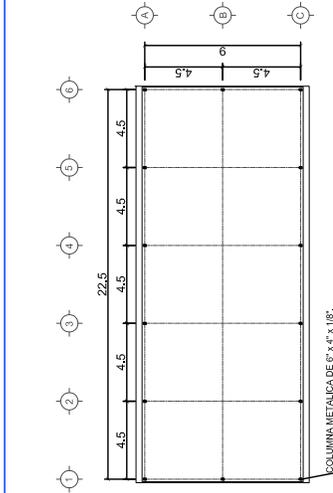
CONTENIDO: Caseta de Control (Para El Guarda)

LEVANTAMIENTO Y DISEÑO:
Bayron Ulisses López López
Guillermo Fauricio Toruño Martínez

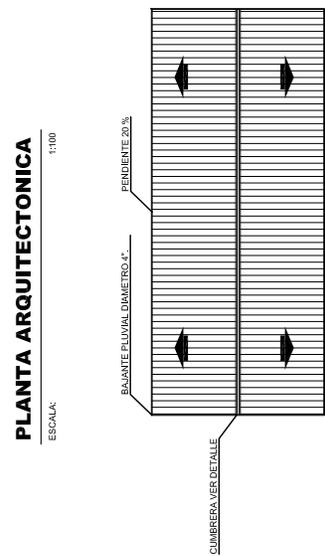
DIBUJO: Bayron Ulisses López López
REVISO: MSC.ING. JOSE A.BALTODANO
FECHA: Enero 2017.

Figuras
A-7
A-9

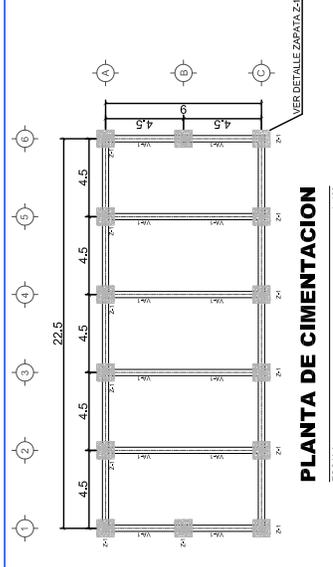




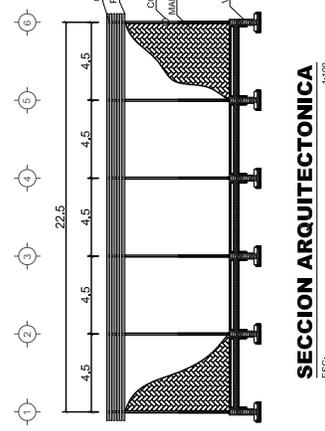
PLANTA ARQUITECTONICA
ESCALA: 1:100



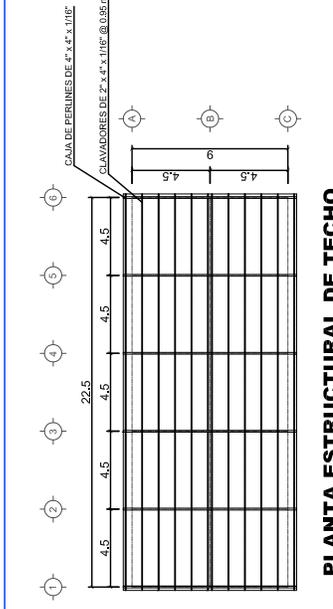
SECCION ARQUITECTONICA
ESCALA: 1:100



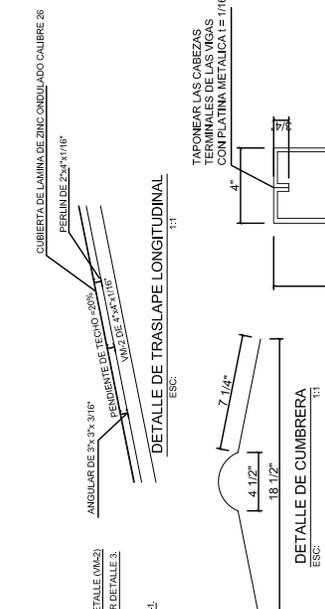
PLANTA DE CIMENTACION
ESCALA: 1:100



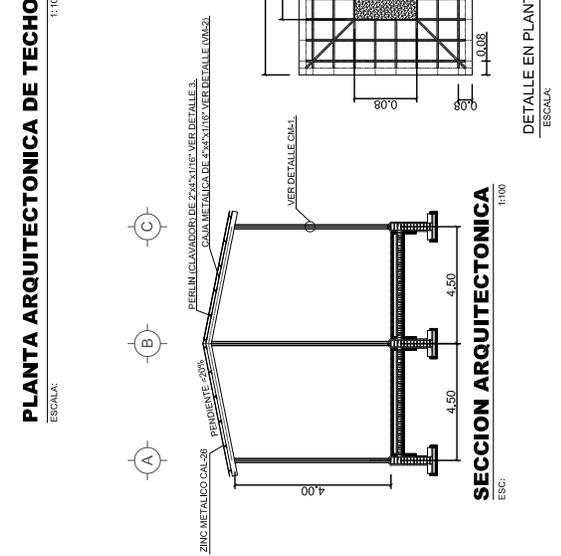
SECCION ARQUITECTONICA
ESCALA: 1:100



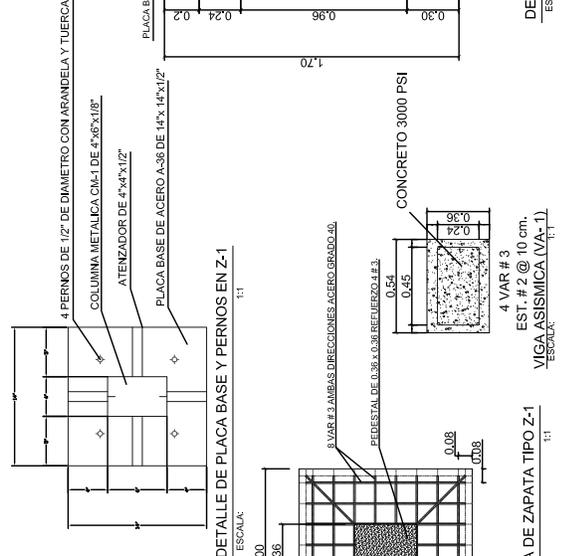
PLANTA ESTRUCTURAL DE TECHO
ESCALA: 1:100



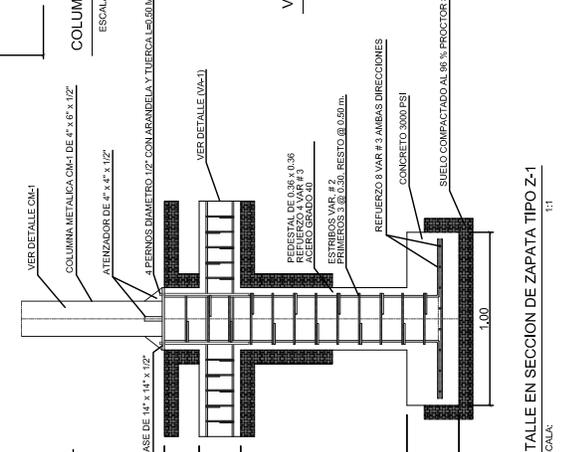
SECCION ARQUITECTONICA
ESCALA: 1:100



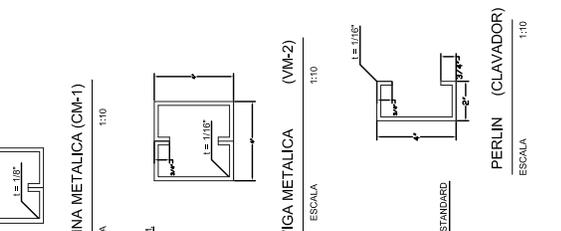
DETALLE DE PLACA BASE Y PERNOS EN Z-1
ESCALA: 1:1



DETALLE EN SECCION DE ZAPATA TIPO Z-1
ESCALA: 1:1



DETALLE EN SECCION DE ZAPATA TIPO Z-1
ESCALA: 1:1



DETALLE EN SECCION DE ZAPATA TIPO Z-1
ESCALA: 1:1

PROYECTO: Diseño de Relleno Sanitario para la Ciudad de Villa El Carmen; Departamento de Managua

CONTENIDO: Galera de Separación

LEVANTAMIENTO Y DISEÑO:
Bayron Ulisses López López
Guillermo Fauricio Toruño Martinez

DIBUJO: Bayron Ulisses López López

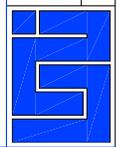
REVISO: MSC.ING. JOSE A.BALTODANO

FECHA: Enero 2017.

ES: INDICADA

Figuras
A-9

LAMINAS
A-9



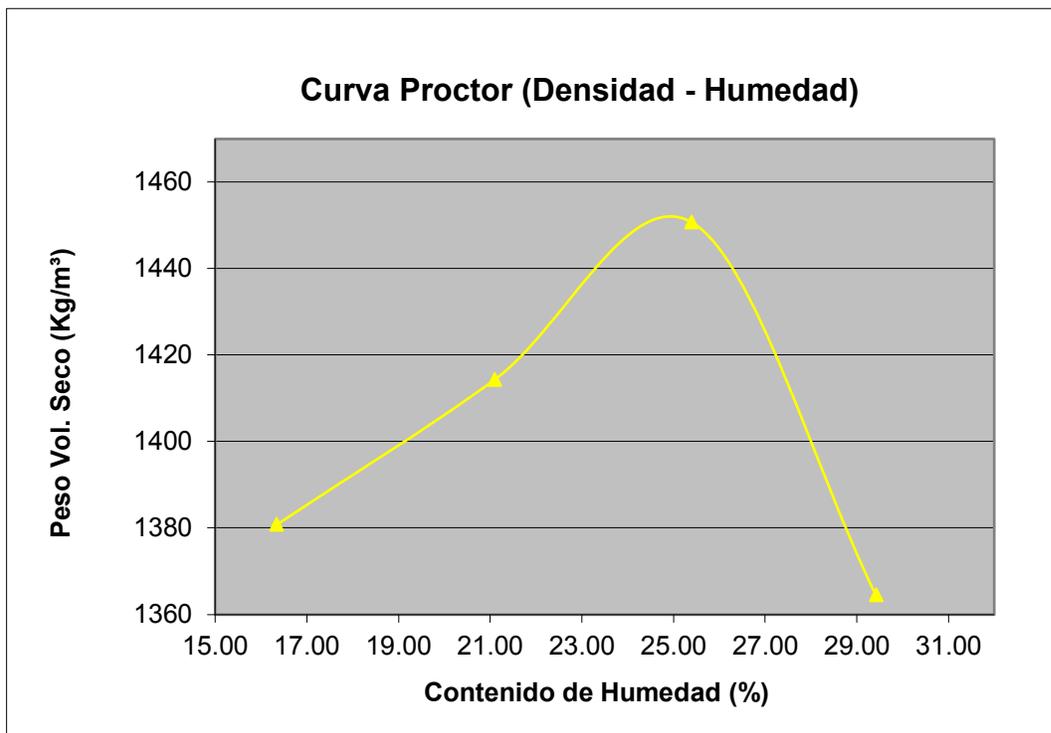
ANEXO C: Resultados de Ensayes de Laboratorio

Rangos	DESCRIPCION DEL MATERIAL																				Clasificación	
		#200 (0.075)	#40 (0.425)	#10 (2.0)	#4 (4.7)	3/8" (9.5)	3/4" (19)	1" (25)	1 1/2" (38.1)	2" (50.8)	3" (76.2)	WL (%)	WP (%)	IP (%)	Arena	Grava	AF	AM	AG			
6.50-6.80	Grava de buena gradación con limos y arena, café claro. D10 = 0.054, D30 = 0.675, D60 = 5.863, Cu = 108.63, Cc = 1.44	11	23	46	53	76	99	100	100	100	100	43	30	13	41	47	11	23	7	GW-GM	A-2-7 (0)	
0.00-6.50	Arena limosa, fina a media, café claro.	34	62	86	88	96	98	99	99	100	100	49	34	15	54	12	28	24	2	SM	A-2-7 (1)	

ANEXO C-1: Resultados del (método proctor)

Fecha :	12 de Mayo del 2016
Operador :	B. López
Volumen del Cilindro (Vc) :	0.94
Peso del Cilindro (Pc) :	4,250
Altura de Caída del Martillo	30
Peso del Martillo :	5.5
Número de Golpes :	25
Número de Golpes :	3
Densidad seca Máxima (Kg/m)	1450
Humedad Optima %	25

Prueba No.	Cápsula No.	Peso de Mtra. Húmeda + Cápsula (gr)	Peso de Mtra. Seca + Cápsula (gr)	Peso de Cápsula (gr)	Humedad (%)	Peso de Mtra. Humedad + Pc (gr.)	γ Húmedo de Muestra (Kg/m ³)	γ Seco de Muestra (Kg/m ³)
1	T-144	149.5	134.8	44.82	16.34	5,760	1606	1381
2	T-154	154.9	135.8	45.27	21.10	5,860	1713	1414
3	T-159	154.8	132.7	45.66	25.39	5,960	1819	1451
4	T-280	154.2	129.3	44.66	29.42	5,910	1766	1365



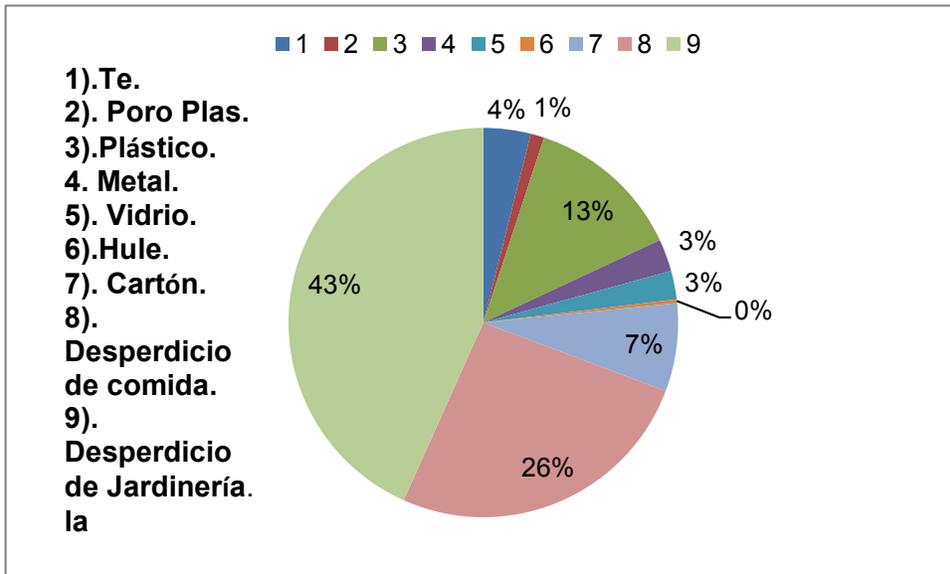
ANEXO D: Resultados de la Caracterización

Años	Pob. Inicial	Tasa de Crec.		Proyección
2016				8899
2017	8,899	1.04	4.00%	9255
2018	9,255	1.04	4.00%	9625
2019	9,625	1.04	4.00%	10010
2020	10,010	1.04	4.00%	10411
2021	10,411	1.04	4.00%	10827
2022	10,827	1.04	4.00%	11260
2023	11,260	1.04	4.00%	11710
2024	11,710	1.04	4.00%	12179
2025	12,179	1.04	4.00%	12666
2026	12,666	1.04	4.00%	13173
2027	13,173	1.04	4.00%	13700
2028	13,700	1.04	4.00%	14248
2029	14,248	1.04	4.00%	14817
2030	14,817	1.04	4.00%	15410
2031	15,410	1.04	4.00%	16027
2032	16,027	1.04	4.00%	16668
2033	16,668	1.04	4.00%	17334
2034	17,334	1.04	4.00%	18028
2035	18,028	1.04	4.00%	18749
2036	18,749	1.04	4.00%	19499

Años	Tasa de PPC	Proyección PPC	Kg/hab/dia
2016	1.0%	0.7300	Kg/hab/dia
2017	1.0%	0.7373	Kg/hab/dia
2018	1.0%	0.7447	Kg/hab/dia
2019	1.0%	0.7521	Kg/hab/dia
2020	1.0%	0.7596	Kg/hab/dia
2021	1.0%	0.7672	Kg/hab/dia
2022	1.0%	0.7749	Kg/hab/dia
2023	1.0%	0.7827	Kg/hab/dia
2024	1.0%	0.7905	Kg/hab/dia
2025	1.0%	0.7984	Kg/hab/dia
2026	1.0%	0.8064	Kg/hab/dia
2027	1.0%	0.8144	Kg/hab/dia
2028	1.0%	0.8226	Kg/hab/dia
2029	1.0%	0.8308	Kg/hab/dia
2030	1.0%	0.8391	Kg/hab/dia
2031	1.0%	0.8475	Kg/hab/dia
2032	1.0%	0.8560	Kg/hab/dia
2033	1.0%	0.8645	Kg/hab/dia
2034	1.0%	0.8732	Kg/hab/dia
2035	1.0%	0.8819	Kg/hab/dia
2036	1.0%	0.8907	Kg/hab/dia

Nombre del Cliente	Peso de la Muestra (lb)	Peso de Tara	Peso Neto (lb)	No. De Habitantes	Días (5)	Observaciones
Héctor Bogorje	53	0.5	53.5	7	5	Comercio
Elizabeth Gutiérrez	34	0.5	34.5	3	5	Casa de Habitación
Elieth Méndez	20	0.5	20.5	2	5	Comercio
Alejandra Canales	34	0.5	34.5	6	5	Casa de Habitación
Neria Zeledón	34	0.5	34.5	3	5	Casa de Habitación
Juan Canales	35	0.5	35.5	5	5	Casa de Habitación
Carlos Canales	37	0.5	37.5	4	5	Casa de Habitación
Luisa Espinosa	43	0.5	43.5	4	5	Casa de Habitación
Merling Hernandez	41	0.5	41.5	10	5	Comercio
Armando Salazar	36	0.5	36.5	3	5	Casa de Habitación
Baldromina Sequeira	51	0.5	51.5	5	5	Casa de Habitación
Mariela Espinosa	40	0.5	40.5	5	5	Comercio
Ángela Guadamuz	33	0.5	33.5	4	5	Casa de Habitación
Nelis Reyes	33	0.5	33.5	4	5	Comercio
Francisco Cuadra	24	0.5	24.5	6	5	Carpintería
Reynaldo Montoya	46	0.5	46.5	6	5	Comercio
Carmen Medrano	49	0.5	49.5	7	5	Casa de Habitación
Socorro Mojica	65	0.5	65.5	5	5	Comercio
Francisco Meléndez	60	0.5	60.5	6	5	Comedor
Ana Reyes	28	0.5	28.5	2	5	Quiosco
Ángela Mendoza	53	0.5	53.5	4	5	Comercio
Pablo Dávila	30	0.5	30.5	8	5	Casa de Habitación
José Mojica	40	0.5	40.5	6	5	Casa de Habitación
Rosa Herminia López	29	0.5	29.5	1	5	Casa de Habitación
Denis López	39	0.5	39.5	4	5	Comercio
Ángel García	25	0.5	25.5	1	5	Casa de Habitación
Marina Aguilar	35	0.5	35.5	3	5	Comercio
Julio Miranda	42	0.5	42.5	6	5	Casa de Habitación
Patricia Miranda	40	0.5	40.5	8	5	Casa de Habitación
Ayda Castillo	30	0.5	30.5	5	5	Casa de Habitación
Guillermo Rivera	56	0.5	56.5	9	5	Casa de Habitación
Gabriela Rivera	34	0.5	34.5	5	5	Casa de Habitación
William Aragón	31	0.5	31.5	6	5	Casa de Habitación
Lesbia Silva	33	0.5	33.5	9	5	Casa de Habitación
Maritza Ramírez	48	0.5	48.5	6	5	Casa de Habitación
María Aragón	34	0.5	34.5	2	5	Casa de Habitación
Janeth Espinosa	36	0.5	36.5	2	5	Casa de Habitación
José Rocha	44	0.5	44.5	4	5	Comercio
María López	35	0.5	35.5	8	5	Casa de Habitación
Alejandrina Miranda	63	0.5	63.5	3	5	Casa de Habitación

Tipo de Desecho	Peso Neto (Lbs)	Peso Neto (Kg)	%
Tela	19	8.64	3.92
Poro Plas	5.5	2.50	1.13
Plástico	63	28.64	12.99
Metal	13	5.91	2.68
Vidrio	11.5	5.23	2.37
Hule	1.5	0.68	0.31
Cartón	35.5	16.14	7.32
Desperdicio de Comidas	126	57.27	25.98
Desperdicio de Jardinería	210	95.45	43.30
TOTAL	485	220.45	100.0



ANEXO E: Datos Meteorológicos de la Estación “Campos Azules”

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL

Estación: CAMPOS AZULES /
 Departamento:
 Latitud: 11°53'59"
 Años: 1983-2015
 Parámetro: Precipitación (mm)

Código: 690129
 Municipio: MASATEPE
 Longitud: 86°08'59"
 Elevación: 470 msnm
 Tipo: AG

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1994	3.9	11.2	3.4	43.9	133.3	207.1	74.1	69.1	190.1	161.7	145.8	13.3	1056.9
1995	1.0	0.0	30.6	91.0	47.5	293.2	253.9	417.8	233.6	281.4	40.6	20.5	1711.1
1996	42.0	2.6	8.8	18.8	336.0	216.1	341.2	250.0	232.2	431.8	175.2	4.3	2059.0
1997	21.6	2.1	8.7	13.4	49.3	494.2	68.2	71.2	125.5	202.8	148.5	4.7	1210.2
1998	1.5	0.0	0.0	0.2	104.9	110.6	159.7	148.9	447.8	973.9	67.2	34.6	2049.3
1999	24.3	8.1	3.9	17.8	203.6	190.5	215.5	186.8	439.1	220.5	113.0	4.0	1627.1
2000	44.8	3.2	0.3	1.7	67.1	199.6	91.0	97.0	351.2	186.6	67.4	1.9	1111.8
2001	6.9	8.7	0.0	0.0	286.9	198.0	120.4	132.2	261.2	274.4	95.1	4.0	1387.8
2002	9.4	3.2	0.4	0.3	469.7	355.5	147.6	185.8	305.0	187.1	24.3	2.3	1690.6
2003	0.5	1.6	38.9	5.9	168.8	396.6	236.4	122.8	180.7	240.2	106.2	16.8	1515.4
2004	10.1	2.4	16.3	5.6	245.7	122.6	133.5	76.4	292.3	358.3	69.2	5.4	1337.8
2005	0.0	0.6	30.1	58.1	436.7	397.0	155.7	212.9	314.6	490.6	52.7	6.4	2155.4
2006	19.4	9.3	6.7	0.1	127.8	165.0	162.4	63.8	121.0	269.7	71.2	13.5	1029.9
2007	1.9	5.8	0.8	38.6	335.8	79.2	137.4	258.2	286.8	475.2	101.0	54.5	1775.2
2008	12.3	0.1	2.1	123.3	374.9	105.0	212.2	260.9	323.9	586.7	47.9	14.0	2063.3
2009	2.5	0.8	0.0	1.4	156.8	166.0	117.9	92.2	152.7	260.7	81.0	8.8	1040.8
2010	1.8	0.0	3.6	56.3	303.7	373.5	351.7	301.8	689.3	154.1	42.8	2.6	2281.2
2011	12.6	0.8	0.4	5.7	141.0	191.2	385.1	205.4	344.2	526.4	52.3	36.3	1901.4
2012	23.6	9.7	0.5	9.7	100.0	156.2	62.1	321.6	135.9	73.2	24.5	12.1	929.1
2013	8.6	2.5	1.7	0.0	147.1	117.5	195.2	116.7	383.0	217.4	97.9	23.8	1311.4
2014	9.7	2.0	3.1	0.8	77.0	120.5	30.5	124.7	266.8	454.7	56.1	1.8	1147.7
2015	7.7	2.0	11.6	4.4	79.2	215.5	69.4	54.4	109.0	300.9	149.2	0.6	1003.9
Suma	266.1	76.7	171.9	497.0	4392.8	4870.6	3721.1	3770.6	6185.9	7328.3	1829.1	286.2	33396.3
Media	12.1	3.5	7.8	22.6	199.7	221.4	169.1	171.4	281.2	333.1	83.1	13.0	1518.0
Max	44.8	11.2	38.9	123.3	469.7	494.2	385.1	417.8	689.3	973.9	175.2	54.5	2281.2
Min	0.0	0.0	0.0	0.0	47.5	79.2	30.5	54.4	109.0	73.2	24.3	0.6	929.1

ANEXO F: Normas Brasileñas Establecida por el (INAA)

Fosa Séptica: Los principales factores que se han considerado al fijar la capacidad de la "fosa séptica" son los siguientes:

- a) El caudal medio diario de aguas residuales, "q".
- b) El tiempo de retención del agua residual dentro de la "fosa", que generalmente se recomienda sea de 24 horas. Sin embargo existen algunos criterios que permiten, en algunos casos, reducir el período de retención.
- c) El espacio necesario para la acumulación de lodos.
- d) El espacio necesario para la acumulación de natas.

Parámetros según norma Brasileña para diseño de fosa séptica

- a) Ancho interno mínimo (b): 0.70 m.
- b) Profundidad útil mínima (h): 1.20 m.
- c) Relación entre el largo (L) y el ancho (b): $2 \leq L/b \leq 4$.
- d) La anchura interna (b) no puede sobrepasar 2 veces la profundidad útil (h).
- e) Cuando la "fosa" es de dos cámaras, la primera y la segunda cámara deben tener un volumen útil, respectivamente, de 2/3 y 1/3 del vol. útil total (V).
- f) Los bordes inferiores de las aberturas de pasaje entre las cámaras deben estar, como mínimo a 2/3 de la profundidad útil (h).
- g) Los bordes superiores de las aberturas de pasaje entre las cámaras deben estar, como mínimo, a 0.30 m. abajo del nivel del líquido.
- h) El área total de las aberturas entre las cámaras debe estar entre el 5% y el 10% de la sección transversal útil de la fosa séptica.

Dispositivo de entrada: Una "tee" ventilada de entrada deberá proporcionarse para desviar el agua residual entrante hacia abajo.

El ramal inferior deberá penetrar en el tanque, como mínimo 8 cm. arriba del nivel del líquido en el tanque para permitir una elevación momentánea del nivel del líquido durante la descarga del agua residual de la fosa séptica. Este ramal se hará penetrar en la masa líquida unos 30 cm. con el fin de que la capa de nata no obstruya la boca del tubo de entrada. En ningún caso la penetración deberá ser mayor que la permitida para el dispositivo de salida. El ramal superior permitirá la ventilación o salida de gases

Dispositivo de salida: El dispositivo de salida retendrá las natas en el tanque, pero al mismo tiempo limitará la cantidad de lodo que puede acomodarse sin ser arrastrado, lo cual provocaría descarga de lodo en el efluente del pozo. El dispositivo de salida será una "tee" ventilada cuyo ramal inferior empezará al mismo nivel del líquido y será importante que penetre lo suficiente (40 cm.) bajo el líquido para proporcionar un balance entre el volumen de almacenamiento de lodos y las natas.

Tabique divisorio

El tabique divisorio tendrá por objeto darle al líquido que entra un mayor recorrido antes de que salga del tanque y por consiguiente, más tiempo de sedimentación y de fermentación. Además, este tabique es muy importante en aquellos casos en que el desnivel es muy fuerte y por lo tanto el agua penetra con mucha fuerza en la "fosa", pudiendo arrastrar los lodos al dispositivo de salida. La altura del tabique deberá ser tal que permita un espacio, bajo la cubierta del tanque, el cual deberá ser, como mínimo, de 2.5 cm. con el fin de permitir el paso de gases de un compartimiento a otro.

Parámetros según norma Brasileña para el diseño de Filtro Anaerobio

1. El lecho filtrante deberá tener una altura de 1.30 m., este criterio tiene su fundamento debido a que ha sido demostrado en muchos trabajos de investigación, que por encima de 1 m. de altura del material filtrante, las eficiencias en la eliminación de materia orgánica no mejoran sustancialmente. Además, otro criterio a considerar son los problemas de carácter estructural que provocaría una mayor altura del lecho, sobre todo en nuestro caso que utilizaremos piedra como material de soporte. El material filtrante debe tener una granulometría lo más uniforme posible, pudiendo variar entre 50 y 80 mm.
2. La profundidad útil (h) del "Filtro Anaerobio" se recomienda sea de 1.80 m. sin embargo este puede variar un poco de acuerdo a las necesidades.
3. El ancho mínimo que debe tener un "Filtro" es de 0.85 m.
4. El largo máximo "Filtro" no debe exceder a 3 veces la profundidad útil (h).
5. El volumen útil mínimo que puede tener un "Filtro" es de 1250 lts.
6. El fondo falso debe tener aberturas de 3 cm., espaciadas cada 15 cm.
7. El dispositivo de pasaje de la fosa séptica al "Filtro Anaerobio" puede ser muy bien una "Tee" de diámetro mínimo de 3" (tres pulgadas).
8. El dispositivo de salida consistió en seis tuberías de 3 pulg. de diámetro las cuales bajarán hasta el fondo falso del "Filtro" distribuyendo el caudal en 6 puntos distintos del fondo del "Filtro", seleccionados para darle una mejor cobertura a toda la capa filtrante, evitando así problemas de cortocircuitos.
9. Se podrán construir cuantos "Filtros" sean necesarios, colocándolos en funcionamiento paralelo o en serie si se desea mejorar aún más la eficiencia del sistema.

Filtro Anaerobio

Como ya se explicó anteriormente, en el proceso de digestión anaerobia se produce un gas (metano), el cual es altamente volátil, por lo cual puede ser usado eventualmente como fuente de energía (ya sea para cocinar alimentos, o mover determinado tipo de máquinas). En Nicaragua existen múltiples experiencias en el tratamiento de desechos orgánicos por la vía anaerobia con el fin de obtener metano y de esta manera contribuir a resolver los problemas energéticos del país. Sin embargo es importante aclarar, que en el caso particular que nos corresponde, no nos hemos propuesto como objetivo la obtención de metano; esto debido a diferentes razones:

1.- Las áreas requeridas del relleno sanitario equivalentes a las áreas tributarias de una subcuenca mediante la cual se infiltra un gran porcentaje de agua precipitada transformándose en agua percolada o lixiviados cargados de contaminantes químicos y orgánicos, contabilizable mediante un balance hídrico en forma de caudal utilizado para el diseño del sistema de tratamiento de dichos lixiviados. Cuando se trata de centros urbanos de poblaciones menores a 40,000 habitantes, tal como el caso de León, este caudal suele ser muy pequeño sumando el carácter discontinuo del flujo, por lo tanto del proceso de tratamiento aunque eminentemente anaerobio, no se espera una producción considerable de metano que pudiese permitir su uso sostenido.

2.- Que la causa principal de malestar en la comunidad, así como de contaminación del cuerpo receptor, son los lixiviados del relleno sanitario

3.- Que se pretende potenciar el sistema anaerobio como instrumento para mejorar la calidad de los efluentes, creando las condiciones necesarias para este fin y no para cualquier otro que tenga como objetivo el aprovechamiento energético.

Pozos de Infiltración

- Cuando no se cuenta con área suficiente para la construcción de zanjas de infiltración o cuando el suelo sea impermeable dentro del primer metro de profundidad, existiendo después de ella estratos favorables a la infiltración, se podrá usar pozos de absorción.
- La distancia mínima de cualquier punto del pozo de infiltración a viviendas, tuberías de agua, pozos de abastecimiento y cursos de agua superficiales (ríos, arroyos, etc.) serán de 6, 15, 30, y 15 metros respectivamente.
- La distancia mínima entre el pozo de infiltración y cualquier árbol debe ser mayor a 5 m.
- Cuando se disponga de dos o más pozos de infiltración en paralelo, se requerirá instalar una o más cajas de distribución de flujos.
- La caja distribuidora del agua sedimentada deberá permitir la distribución uniforme del flujo a cada pozo de infiltración. Frente a la boca de ingreso del efluente del tanque séptico a la caja distribuidora, deberá existir una pantalla atenuadora que distribuya el flujo en todo lo ancho de la caja. La repartición a cada pozo se podrá obtener por medias cañas vaciadas en la losa del fondo, vertederos distribuidores de flujos, o por otro sistema debidamente justificado que se ubicara después de la pantalla de atenuación.
- El área efectiva de absorción del pozo lo constituye el área lateral del cilindro, sin incluir el área correspondiente a la base del cilindro o fondo del pozo. Para el cálculo se considerara el diámetro exterior del pozo.
- El área útil del campo de infiltración, se determinara mediante la división del área útil del campo de infiltración entre la superficie lateral del cilindro.
- La altura del infiltración quedara fijada por la distancia entre el nivel a donde llega el tubo de descarga y el fondo del pozo.

- Todo pozo de infiltración deberá introducirse por lo menos 2 m. en la capa filtrante del terreno, y el fondo del pozo debe quedar por lo menos 2 m. por encima del nivel freático de las aguas subterráneas.
- El diámetro mínimo del pozo de absorción será de 1.5 m. y la profundidad útil recomendada del cada pozo de infiltración no será mayor a 5 m.
- En donde se cuente con dos o más pozos de infiltración, la distancia de centro a centro entre los pozos será de tres veces el diámetro del pozo de mayor diámetro, pero en ningún caso menor a 6 m. entre las tangentes de las circunferencias.
- Los pozos de infiltración tendrán sus paredes verticales formadas por muros de mampostería compuestas de ladrillos o bloques de piedra o de concreto sobre puestos y con juntas laterales libres espaciadas no más de 1 cm. El espacio entre el muro y el terreno natural no será menor de 10 cm. y se rellenara con grava de 2.5 a 5 cm. de diámetro.
- El fondo del pozo deberá ser cubierto por una capa de 0.15 m de espesor de grava gruesa de las mismas características que la empleada para rellenar el espacio entre el muro y el terreno natural.
- El muro de mampostería comprendida entre la superficie del terreno y el tubo de descarga deberá ser construido con ladrillos o bloques de piedra o de concreto asentado con mortero de cemento con juntas laterales selladas con mortero de cemento. El espacio entre el muro y el terreno natural se rellenara con arcilla o con el suelo natural extraído durante la etapa de excavación.
- La losa de techo del pozo de infiltración tendrá una tapa de inspección de 0.6 m. de diámetro o de 0.6 x 0.6 m. por cada lado.

ANEXO G: Calculo de (CBR)

Número de Golpes por Capa		16		36									
Molde No.		1		2									
Peso del Molde (Kg)	1	6730		6740									
Volumen del Molde (cm³)	2	2.123		2.123									
Peso de Material a Utilizar (Kg)	3	4000		4000									
Humedad Inicial del Material (%)	4	16.4		16.4									
Humedad Optima (%)	5	25		25									
Agua por Agregar (cm³)	6	$= (5 - 4) * 3 / 100$	344	344									
Cápsula No.		T-102		T-103									
Peso de Cápsula (gr.)	7	46.15		46.68									
Peso de Cápsula + Suelo Húmedo (gr.)	8	174.5		177.1									
Peso de Cápsula + Suelo Seco (gr.)	9	148.5		149.9									
Humedad Reproducida (%)	10	$= (8 - 9) * 100 / (9 - 7)$	25.4	26.3									
Peso del Material Compactado + Molde (Kg)	11	10300		10500									
Densidad Húmeda Compacta (Kg/m³)	12	1682		1771									
Densidad Seca Compacta (Kg/m³)	13	1341		1402									
Densidad Seca Máxima (Kg/m³)	14	1450		1450									
Compactación Reproducida (%)	15	92.5		96.7									
DENSIDAD - HUMEDAD DE SATURACION (gr) :													
Peso de Molde + Material Saturado (gr.)	16	10560		10710									
Densidad Saturada del Material (Kg/m³)	17	1804		1870									
Lectura para Hinchamiento (0.001") INICIAL	18	50		50									
Lectura para Hinchamiento (0.001") FINAL	19	101		95									
Hinchamiento (%)	20	1.1		1.0									
Cápsula No. / Peso (gr)	21	46.17		44.66									
Peso de Cápsula + Suelo Húmedo (gr.)	22	208.06		204.03									
Peso de Cápsula + Suelo Seco (gr.)	23	171.52		110.57									
Humedad Reproducida en Saturación (%)	24	29.2		141.8									
RESISTENCIA A LA PENETRACION (Lbs/Pulg²)											CBR		
Molde No.	% Reproducido / (Lb/Pulg²)	0.025	0.05	0.08	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.10"	0.20"	Prom.
1	Lbs	97	145	183	212	269	307	374	442	489			
	Lbs/Pulg²	32	48	61	71	90	102	125	147	163	7.1	6.8	6.9
2	Lbs	250	298	384	413	509	556	652	719	796			
	Lbs/Pulg²	83	99	128	138	170	185	217	240	265	13.8	12.4	13.1

ANEXO H: Resultados Obtenidos Para la Proyección de 20 Años

Cantidad de desechos sólidos					Volumen (m³)								Área Requerida	
Año	Población (Hab)	ppc (kg/hab/día)	Diaria (kg/día)	Anual (t/año)	Acumulados (t)	Residuos sólidos compactados		Material de cobertura (m³)	Material de cobertura (m³)	Residuos sólidos estabilizados (m³/año)	Relleno Sanitario		Relleno (Ar)	Total (At)
						(m³)	(kg)				(m³)	Acumulado		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	13	14
2016	8899	0.73	2598.5080	948.4554	948.4554	6.4963	2371.1386	0.9744	355.6708	1580.7590	1936.4298	1936.4298	322.7383	435.6967
2017	9255	0.7373	2729.4846	996.2619	996.2619	6.8237	2490.6547	1.0236	373.5982	1660.4365	2034.0347	2034.0347	339.0058	457.6578
2018	9625	0.7447	2867.0950	1046.4897	1046.4897	7.1677	2616.2242	1.0752	392.4336	1744.1495	2136.5831	2136.5831	356.0972	480.7312
2019	10010	0.7521	3011.4084	1099.1641	1099.1641	7.5285	2747.9102	1.1293	412.1865	1831.9401	2244.1266	2244.1266	374.0211	504.9285
2020	10411	0.7596	3163.2782	1154.5966	1154.5966	7.9082	2886.4914	1.1862	432.9737	1924.3276	2357.3013	2357.3013	392.8836	530.3928
2021	10827	0.7672	3322.5898	1212.7453	1212.7453	8.3065	3031.8632	1.2460	454.7795	2021.2421	2476.0216	2476.0216	412.6703	557.1049
2022	11260	0.7749	3490.1496	1273.9046	1273.9046	8.7254	3184.7615	1.3088	477.7142	2123.1743	2600.8886	2600.8886	433.4814	585.1999
2023	11710	0.7827	3666.1668	1338.1509	1338.1509	9.1654	3345.3772	1.3748	501.8066	2230.2515	2732.0581	2732.0581	455.3430	614.7131
2024	12179	0.7905	3850.9998	1405.6149	1405.6149	9.6275	3514.0373	1.4441	527.1056	2342.6915	2869.7971	2869.7971	478.2995	645.7044
2025	12666	0.7984	4045.0138	1476.4300	1476.4300	10.1125	3691.0751	1.5169	553.6613	2460.7167	3014.3780	3014.3780	502.3963	678.2350
2026	13173	0.8064	4249.0829	1550.9153	1550.9153	10.6227	3877.2881	1.5934	581.5932	2584.8588	3166.4520	3166.4520	527.7420	712.4517
2027	13700	0.8144	4462.9120	1628.9629	1628.9629	11.1573	4072.4072	1.6736	610.8611	2714.9381	3325.7992	3325.7992	554.2999	748.3048
2028	14248	0.8226	4688.1619	1711.1791	1711.1791	11.7204	4277.9478	1.7581	641.6922	2851.9652	3493.6573	3493.6573	582.2762	786.0729
2029	14817	0.8308	4923.9854	1797.2547	1797.2547	12.3100	4493.1367	1.8465	673.9705	2995.4245	3669.3950	3669.3950	611.5658	825.6139
2030	15410	0.8391	5172.2124	1887.8575	1887.8575	12.9305	4719.6438	1.9396	707.9466	3146.4292	3854.3758	3854.3758	642.3960	867.2346
2031	16027	0.8475	5433.1530	1983.1008	1983.1008	13.5829	4957.7521	2.0374	743.6628	3305.1681	4048.8309	4048.8309	674.8051	910.9870
2032	16668	0.856	5707.1232	2083.1000	2083.1000	14.2678	5207.7499	2.1402	781.1625	3471.8333	4252.9958	4252.9958	708.8326	956.9240
2033	17334	0.8645	5994.0972	2187.8455	2187.8455	14.9852	5469.6137	2.2478	820.4421	3646.4091	4466.8512	4466.8512	744.4752	1005.0415
2034	18028	0.8732	6296.8198	2298.3392	2298.3392	15.7420	5745.8481	2.3613	861.8772	3830.5654	4692.4426	4692.4426	782.0738	1055.7996
2035	18749	0.8819	6613.8972	2414.0725	2414.0725	16.5347	6035.1812	2.4802	905.2772	4023.4542	4928.7313	4928.7313	821.4552	1108.9646
2036	19499	0.8907	6947.1037	2535.6929	2535.6929	17.3678	6339.2321	2.6052	950.8848	4226.1548	5177.0396	5177.0396	862.8399	1164.8339

ANEXO H-1: Calculo para el 60% de los Desechos Sólidos

Cantidad de desechos sólidos					Volumen (m³)								Área Requerida	
Año	Población (Hab)	ppc (kg/hab/día)	Diaria (kg/día)	Anual (t/año)	Acumulados (t)	Residuos sólidos compactados		Material de cobertura (m³)	Material de cobertura (m³)	Residuos sólidos estabilizados (m³/año)	Relleno Sanitario		Relleno (Ar)	Total (At)
						(m³)	(kg)				(m³)	Acumulado		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2016	8899	0.73	3897.7620	1422.6831	1422.6831	9.7444	3556.7078	1.4617	533.5062	2371.1386	2904.6447	2904.6447	484.1075	653.5451
2017	9255	0.7373	4094.2269	1494.3928	1494.3928	10.2356	3735.9820	1.5353	560.3973	2490.6547	3051.0520	3051.0520	508.5087	686.4867
2018	9625	0.7447	4300.6425	1569.7345	1569.7345	10.7516	3924.3363	1.6127	588.6504	2616.2242	3204.8746	3204.8746	534.1458	721.0968
2019	10010	0.7521	4517.1126	1648.7461	1648.7461	11.2928	4121.8652	1.6939	618.2798	2747.9102	3366.1900	3366.1900	561.0317	757.3927
2020	10411	0.7596	4744.9174	1731.8948	1731.8948	11.8623	4329.7371	1.7793	649.4606	2886.4914	3535.9520	3535.9520	589.3253	795.5892
2021	10827	0.7672	4983.8846	1819.1179	1819.1179	12.4597	4547.7947	1.8690	682.1692	3031.8632	3714.0324	3714.0324	619.0054	835.6573
2022	11260	0.7749	5235.2244	1910.8569	1910.8569	13.0881	4777.1423	1.9632	716.5713	3184.7615	3901.3328	3901.3328	650.2221	877.7999
2023	11710	0.7827	5499.2502	2007.2263	2007.2263	13.7481	5018.0658	2.0622	752.7099	3345.3772	4098.0871	4098.0871	683.0145	922.0696
2024	12179	0.7905	5776.4997	2108.4224	2108.4224	14.4412	5271.0560	2.1662	790.6584	3514.0373	4304.6957	4304.6957	717.4493	968.5565
2025	12666	0.7984	6067.5206	2214.6450	2214.6450	15.1688	5536.6126	2.2753	830.4919	3691.0751	4521.5669	4521.5669	753.5945	1017.3526
2026	13173	0.8064	6373.6243	2326.3729	2326.3729	15.9341	5815.9322	2.3901	872.3898	3877.2881	4749.6780	4749.6780	791.6130	1068.6775
2027	13700	0.8144	6694.3680	2443.4443	2443.4443	16.7359	6108.6108	2.5104	916.2916	4072.4072	4988.6988	4988.6988	831.4498	1122.4572
2028	14248	0.8226	7032.2429	2566.7687	2566.7687	17.5806	6416.9216	2.6371	962.5382	4277.9478	5240.4860	5240.4860	873.4143	1179.1093
2029	14817	0.8308	7385.9782	2695.8820	2695.8820	18.4649	6739.7051	2.7697	1010.9558	4493.1367	5504.0925	5504.0925	917.3487	1238.4208
2030	15410	0.8391	7758.3186	2831.7863	2831.7863	19.3958	7079.4657	2.9094	1061.9199	4719.6438	5781.5637	5781.5637	963.5939	1300.8518
2031	16027	0.8475	8149.7295	2974.6513	2974.6513	20.3743	7436.6282	3.0561	1115.4942	4957.7521	6073.2463	6073.2463	1012.2077	1366.4804
2032	16668	0.856	8560.6848	3124.6500	3124.6500	21.4017	7811.6249	3.2103	1171.7437	5207.7499	6379.4937	6379.4937	1063.2489	1435.3861
2033	17334	0.8645	8991.1458	3281.7682	3281.7682	22.4779	8204.4205	3.3717	1230.6631	5469.6137	6700.2768	6700.2768	1116.7128	1507.5623
2034	18028	0.8732	9445.2298	3447.5089	3447.5089	23.6131	8618.7722	3.5420	1292.8158	5745.8481	7038.6639	7038.6639	1173.1107	1583.6994
2035	18749	0.8819	9920.8459	3621.1087	3621.1087	24.8021	9052.7718	3.7203	1357.9158	6035.1812	7393.0970	7393.0970	1232.1828	1663.4468
2036	19499	0.8907	10420.6556	3803.5393	3803.5393	26.0516	9508.8482	3.9077	1426.3272	6339.2321	7765.5594	7765.5594	1294.2599	1747.2509

ANEXO H-2: Calculo para el 100% de los Desechos Sólidos

Cantidad de desechos sólidos					Volumen (m³)								Área Requerida	
Año	Población (Hab)	ppc (kg/hab/día)	Diaria (kg/día)	Anual (t/año)	Acumulados (t)	Residuos sólidos compactados		Material de cobertura (m³)	Material de cobertura (m³)	Residuos sólidos estabilizados (m³/año)	Relleno Sanitario		Relleno (Ar)	Total (At)
						(m³)	(kg)				(m³)	Acumulado		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2016	8899	0.73	6496.2700	2371.1386	2371.1386	16.2407	5927.8464	2.4361	889.1770	3951.8976	4841.0745	4841.0745	806.8458	1089.2418
2017	9255	0.7373	6823.7115	2490.6547	2490.6547	17.0593	6226.6367	2.5589	933.9955	4151.0912	5085.0867	5085.0867	847.5144	1144.1445
2018	9625	0.7447	7167.7375	2616.2242	2616.2242	17.9193	6540.5605	2.6879	981.0841	4360.3736	5341.4577	5341.4577	890.2430	1201.8280
2019	10010	0.7521	7528.5210	2747.9102	2747.9102	18.8213	6869.7754	2.8232	1030.4663	4579.8503	5610.3166	5610.3166	935.0528	1262.3212
2020	10411	0.7596	7908.1956	2886.4914	2886.4914	19.7705	7216.2285	2.9656	1082.4343	4810.8190	5893.2533	5893.2533	982.2089	1325.9820
2021	10827	0.7672	8306.4744	3031.8632	3031.8632	20.7662	7579.6579	3.1149	1136.9487	5053.1053	6190.0539	6190.0539	1031.6757	1392.7621
2022	11260	0.7749	8725.3740	3184.7615	3184.7615	21.8134	7961.9038	3.2720	1194.2856	5307.9359	6502.2214	6502.2214	1083.7036	1462.9998
2023	11710	0.7827	9165.4170	3345.3772	3345.3772	22.9135	8363.4430	3.4370	1254.5165	5575.6287	6830.1451	6830.1451	1138.3575	1536.7827
2024	12179	0.7905	9627.4995	3514.0373	3514.0373	24.0687	8785.0933	3.6103	1317.7640	5856.7289	7174.4929	7174.4929	1195.7488	1614.2609
2025	12666	0.7984	10112.5344	3691.0751	3691.0751	25.2813	9227.6876	3.7922	1384.1531	6151.7918	7535.9449	7535.9449	1255.9908	1695.5876
2026	13173	0.8064	10622.7072	3877.2881	3877.2881	26.5568	9693.2203	3.9835	1453.9830	6462.1469	7916.1299	7916.1299	1319.3550	1781.1292
2027	13700	0.8144	11157.2800	4072.4072	4072.4072	27.8932	10181.0180	4.1840	1527.1527	6787.3453	8314.4980	8314.4980	1385.7497	1870.7621
2028	14248	0.8226	11720.4048	4277.9478	4277.9478	29.3010	10694.8694	4.3952	1604.2304	7129.9129	8734.1433	8734.1433	1455.6906	1965.1822
2029	14817	0.8308	12309.9636	4493.1367	4493.1367	30.7749	11232.8418	4.6162	1684.9263	7488.5612	9173.4875	9173.4875	1528.9146	2064.0347
2030	15410	0.8391	12930.5310	4719.6438	4719.6438	32.3263	11799.1095	4.8489	1769.8664	7866.0730	9635.9395	9635.9395	1605.9899	2168.0864
2031	16027	0.8475	13582.8825	4957.7521	4957.7521	33.9572	12394.3803	5.0936	1859.1570	8262.9202	10122.0772	10122.0772	1687.0129	2277.4674
2032	16668	0.856	14267.8080	5207.7499	5207.7499	35.6695	13019.3748	5.3504	1952.9062	8679.5832	10632.4894	10632.4894	1772.0816	2392.3101
2033	17334	0.8645	14985.2430	5469.6137	5469.6137	37.4631	13674.0342	5.6195	2051.1051	9116.0228	11167.1280	11167.1280	1861.1880	2512.6038
2034	18028	0.8732	15742.0496	5745.8481	5745.8481	39.3551	14364.6203	5.9033	2154.6930	9576.4135	11731.1065	11731.1065	1955.1844	2639.4990
2035	18749	0.8819	16534.7431	6035.1812	6035.1812	41.3369	15087.9531	6.2005	2263.1930	10058.6354	12321.8283	12321.8283	2053.6381	2772.4114
2036	19499	0.8907	17367.7593	6339.2321	6339.2321	43.4194	15848.0804	6.5129	2377.2121	10565.3869	12942.5990	12942.5990	2157.0998	2912.0848

ANEXO I: Calidad de Lixiviados Utilizados en el Municipio de Mateares

CALIDAD DE LOS LIXIVIADOS	
PH	7.8
Conductividad eléctrica	1,438.00 µs/cm
Sólidos Totales (ST)	22,110.00 mg/l
Sólidos Volátiles (SV)	6,710.00 mg/l
Sólidos suspendidos Volátiles (SSV)	5,185.00 mg/l
Sólidos suspendidos totales (SST)	3,316.50 mg/l
Sólidos fijos (SF)	1,090.00 mg/l
Sólidos Sedimentables (SSD)	150.00 mg/l
DBO 5	2,057.00 mg/l
DQO	1,2204 mg/l
Grasas y aceites	64.00 mg/l
Alcalinidad total	1,500.00 mg/l

ANEXO J: Fórmulas Utilizadas

1. Información Básica:

Población: Es necesaria conocer el número de habitantes meta para definir las cantidades de Residuos Sólidos Municipales que se han de disponer.

- **Proyección geométrica de la población (Fórmula 1):**

$$P_F = P_0(1 + r)^n$$

Donde:

P_F = Población Futura.

P_0 = Población Actual.

r = Tasa de crecimiento de la Población.

n = ($t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}}$) Intervalo en años.

t = Variable tiempo en años.

- **Producción percapita (Fórmula 2):**

$$P_{CPC} = Ppc_0(1 + r)^n$$

Donde:

Ppc = Producción por habitante por día.

Ppc_0 = Producción percapita inicial (año 2009).

r = Tasa de crecimiento de la producción percapita.

n = Intervalo de años.

- **Desechos sólidos diarios. (Fórmula 3):**

$$Dsd = Pob \times ppc$$

Donde:

Dsd= Cantidad de RSM producidos por día (kg/día)

Pob= Población total (habitantes)

Ppc= Producción Per Cápita.

- **Desechos sólidos recolectados. (Fórmula 4):**

$$Dsr = Dsd \times cob.$$

Donde:

Dsr= Desechos sólidos recolectados.

Dsd= Cantidad de RSM producidos por día (kg/día)

Cob= Cobertura del servicio de recolección.

- **Volumen de la zanja (Fórmula 5):**

$$V_z = \frac{t \times DSr \times M.C.}{Drsm}$$

Donde:

Vz = Volumen de la zanja (m³).

t = Tiempo de vida útil (días).

DSr = Cantidad de RSM recolectados (kg/día).

M.C.= Material de cobertura (20-25% del volumen compactado).

Drsm = Densidad de los RSM en el relleno (kg/m³).

- **Dimensiones de la zanja (Fórmula 6):**

$$L = \frac{V_z}{a \times h_z}$$

Donde:

L = Largo o longitud de la zanja (m).

Vz = Volumen de la zanja (m³).

a = Ancho (m).

hz = Profundidad (m).

- **Tiempo de la maquinaria (Fórmula 7):**

$$T_{exc} = \frac{Vz}{R \times J}$$

Donde:

T_{exc} = Tiempo de la maquinaria para la excavación de la zanja (días).

Vz = Volumen de la zanja (m³).

R = Rendimiento de excavación del equipo pesado (m³/hora).

J = Jornada de trabajo diario (horas/día).

- **Volumen de la celda diaria (Fórmula 8):**

$$V_c = \frac{DS_{rs}}{D_{rsm}} \times M.C.$$

Donde:

V_c = Volumen de la celda diaria (m³)

D_{rsm} = Densidad de los RSM recién compactados en el relleno sanitario manual,
400-500 kg/m³

M. C. = Material de cobertura (20-25%).

- **Sección horizontal (Fórmula 9):**

$$S = \frac{V_{uf}}{h}$$

S= Sección horizontal (m²).

h= Profundidad útil del filtro (m)

2. Cálculo del volumen necesario para el Relleno Sanitario:

- **Volumen de residuos sólidos (Fórmula 10):**

$$V_{diario} = \frac{DCp}{Drsm}$$

Fórmula 11:

$$V_{anual compactado} = V_{diario} \times 365$$

Donde:

Vdiario = Volumen de RSM por disponer en un día (m³/día).

Vanual = Volumen de RSM en un año (m³/año).

DSp = Cantidad de RSM producidos (kg/día).

365 = Equivalente a un año (días).

Drsm = Densidad de los RSM recién compactados (400-500 kg/m³) y del relleno estabilizado (500-600 kg/m³).

- **Volumen del material de cobertura (Fórmula 12):**

$$M. C. = V_{anual compactado} \times (0.20 \text{ ó } 0.25)$$

Dónde:

M.C.= Material de Cobertura equivalente al 20% o al 25% del volumen de los desechos recién compactados.

- **Volumen del Relleno Sanitario (Fórmula 13):**

$$V_{RS} = V_{anual\ estabilizado} + M.C.$$

Dónde:

VRS=Volumen del relleno sanitario (m³/año).

M.C.= material de cobertura (20 a 25% del volumen recién compactado de RSM)

3. Cálculo del área requerida:

- **Área del Relleno Sanitario (Fórmula 14):**

$$A_{RS} = \frac{V_{RS}}{h_{RS}}$$

Dónde:

V_{RS} = volumen de relleno sanitario (m³/año).

A_{RS} = área por rellenar sucesivamente (m²).

h_{RS} = altura o profundidad media del relleno sanitario (m).

- **Área total requerida (Fórmula 15):**

$$A_T = F \times A_{RS}$$

Dónde:

A_T = Área total requerida (m²)

F = Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de retiro a linderos, caseta para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este es entre 20-40% del área que se deberá rellenar.

4. Cálculo de la celda diaria:

- **Cantidad de RSM que se debe disponer (Fórmula 16):**

$$DS_{rs} = DS_p \times (7/d_{hábiles})$$

Dónde:

DS_{rs} = Cantidad media diaria de RSM en el relleno sanitario (kg/día)

DS_p = Cantidad de RSM producidos por día (kg/día)¹⁰

d_{hab} = Días hábiles o laborables en una semana (normalmente $d_{hab} = 5$ ó 6 días, y aun menos en los municipios más pequeños)

- **Dimensiones de la celda diaria (Fórmula 17):**

$$A_c = \frac{V_c}{h_c}$$

Donde:

A_c = Área de la celda ($m^2/día$).

h_c = Altura de la celda (m).

- **Largo o avance de la celda (Fórmula 18):**

$$l = \frac{A_c}{a}$$

Donde:

a = Ancho que se fija de acuerdo con el frente de trabajo necesario para la descarga de la basura por los vehículos recolectores (m).

Generación de lixiviado y tratamiento primario:

- **Caudal de lixiviado por el Método Simplificado (Fórmula 19):**

$$Q = \frac{1}{t} \times P \times A \times K$$

Donde:

Q= Caudal medio de lixiviado o líquido percolado.

P= Precipitación media anual (mm/año).

A= Área superficial del Relleno (m²).

t= Número de segundos en un año (31, 536,000 seg/año).

K= Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura.

- **Volumen útil destinado para almacenamiento de sólidos (V₁) (Fórmula 20):**

$$V_1 = \left[\left(\frac{SST \times Q \times 0.7 \times (1 - SSV)}{0.04} \right) \times T_R \right] / 10^9$$

SST= Sólidos suspendidos totales (expresados como fracción de los SST mg/lts)

SSV= Sólidos suspendidos volátiles (expresados como fracción de los ST mg/lts)

SV= Sólidos volátiles.

ST= Sólidos totales.

T_R= Tiempo de residencia de sólidos (días)

Q= Caudal de diseño.

10⁹= Factor de conversión.

- **Volumen útil o total de la fosa (V_u) (Fórmula 21):**

$$V_u = Q \times TRH + V_1$$

V_U = Volumen útil de total de la fosa séptica (m^3).

TRH = Tiempo de Retención Hidráulica (0.72 días).

- **Dimensionamiento del filtro anaerobio:**

Volumen útil del filtro anaerobio (Fórmula 22):

$$V_{uf} = 1.6 \times Q \times TRH$$

V_{UF} = Volumen útil del filtro anaerobio (m^3).

- **Longitud total del tanque séptico:**
(Formula 23):

$$L = \frac{\text{Volumen}}{b \times h}$$

- **Calculo de las cámaras:**

Fórmula 24: $1^{era} \text{ cámara} \rightarrow P_C = \frac{2}{3} L$

Fórmula 25: $2^{da} \text{ cámara} \rightarrow S_C = \frac{1}{3} L$

- **Velocidad de sedimentación de partículas rectoras del primer período**
(Fórmula 26):

Tamaño mínimo de partículas a remover = 0.1 mm.

$V_0 = 8$ mm/seg

$V_0 = 0.008$ m/seg.

Fórmula 31:

$$\mathbf{Pozos\ Requeridos} = \frac{\mathbf{\acute{A}rea\ Requerida}}{\mathbf{\acute{A}rea\ de\ Absorci3n}}$$

Las organizaciones como: CEPIS Y OPS recomiendan utilizar estos valores.

CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias.

OPS: Organización Panamericana de la Salud.

EJEMPLO DE ALTERACION DE DENSIDAD DE BASURA.

	Etapa	Densidad
A.	Basura suelta en recipientes	230 kg/m3
B.	Basura compactada en camiones compactadores	500 kg/m3
C.	Basura suelta descargada en los rellenos	400 kg/m3
D.	Basura recién rellenada	600 kg/m3
E.	Basura estabilizada en los rellenos (2 años después del rellenamiento)	900 kg/m3

IX. Bibliografía

1. Norma técnica ambiental para el manejo tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligroso NTON 05 014 – 02.
2. Jaramillo, Jorge. “Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales”. División de Salud y Medio Ambiente. Programa de Salud Ambiental, Organización Panamericana de la Salud. Serie Técnica 28. Washington D. C., 1991.
3. Residuos Sólidos Municipales, Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales, Programa de salud Ambiental, serie técnica No.28, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, Washington D.C; Septiembre de 1991.
4. Residuos Sólidos Municipales, Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales, Programa de salud Ambiental, serie técnica No.28, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, Washington D.C; Septiembre de 1991.
5. Norma técnica para el control ambiental de los rellenos sanitarios para los desechos sólidos NO- PELIGROSOS MARENA.NTON 05 013 – 01 CAP. 4-6.
6. Hidrología aplicada Gustavo silva-Bogotá Colombia cap. III.
7. Mecánica de Suelos T. William Lambe y Robert V. Whiman. Editorial Limosa 1972 (Terzaghi y pack, 1948).
8. Recolección y Tratamiento de desechos sólidos, Amunic e Inifon.